



Effet de l'application du fumier organique et de l'association du haricot sur la productivité du tournesol au Burundi: cas de la plaine de Bujumbura

¹Bangirinama F., ²Nyandwi S., ¹Ntagahoraho C. & ¹Sinzobatohana A.

¹ École normale supérieure, Département des Sciences Naturelles, BP 6983, Bujumbura, Burundi

² Université du Burundi, Faculté des Sciences, Département de Mathématiques, BP 2700, Bujumbura, Burundi

Auteur correspondant: Bangirinama Frédéric, E-mail: bangifre2003@yahoo.fr

Reçu: le 03 Janvier 2017

Accepté: le 18 Avril 2017

Publié: le 28 Juin 2018

RESUME:

Mots clés: rendement, levée, croissance, floraison et maturation.

La culture du tournesol a été introduite au Burundi au cours des années 1930. La vulgarisation de la culture de tournesol et l'augmentation de sa productivité pourraient contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire de la population burundaise. Le tournesol offre actuellement des opportunités en matière de sécurité alimentaire et de développement économique. L'atteinte de cet objectif nécessite une maîtrise de ses techniques culturales et de ses exigences écologiques. C'est dans ce cadre qu'une étude basée sur le suivi d'une culture de tournesol dans les conditions d'association avec le haricot et d'application ou non de fumure organique a été conduite. Les résultats obtenus ont confirmé un effet significatif du fumier sur tous les paramètres mesurés contrairement à l'association tournesol-haricot. D'autres études sur les ravageurs, les maladies et l'association d'autres cultures sont recommandées pour améliorer les connaissances dans ce domaine.

ABSTRACT

The cultivation of sunflower was introduced in Burundi during the 1930s. The popularization of the sunflower crop and the increase of its productivity could contribute to the improvement of the food security of the Burundian population. Sunflower currently offers opportunities for food security and economic development. The achievement of this objective requires a mastery of its cultivation techniques and its ecological requirements. A study based on the follow-up of the sunflower crop under conditions of association with the bean and application or not of organic fertilizer was conducted. The results obtained confirmed a significant effect of manure on all parameters measured in contrast to the sunflower-bean association. Further studies on pests, diseases and the association of other crops are recommended to improve knowledge in this area.

Key words: yield, emergence, growth, flowering and maturation

INTRODUCTION

1.1. Description

Le nom scientifique du tournesol, *Helianthus annuus* L. fait référence à la forme caractéristique de son inflorescence composée, le capitule. Il provient des mots grecs Helios et Anthos qui signifient respectivement « soleil » et « fleur ». Le tournesol est en quelque sorte la « fleur du soleil » (Evon, 2008).

Originaire d'Amérique, sa distribution à travers le monde entier s'est réalisée grâce aux routes commerciales de l'époque. (Baert, 1992 in Nimubona, 1994). Au niveau de l'Afrique, la production est concentrée surtout en Afrique du Sud (Nyabyenda, 2007). En Afrique tropicale, les principaux pays producteurs par ordre d'importance sont Zimbabwe, Soudan, Tanzanie, Kenya, Zambie, Mozambique, Angola et Malawi (Romain, 2001).

1.2. Ecologie

Le tournesol est cultivé à partir de 40°S à 55°N mais les plus grandes productions sont entre les latitudes 20-50°N et 20-40° S (Weiss, 1983). En Afrique tropicale, le tournesol peut être cultivé depuis le niveau de la mer jusqu'à une altitude de 2500 m (Romain, 2001).

1.2.1. Sol

Le tournesol pousse bien dans des nombreux types de sols. En général, les sols qui conviennent pour le maïs peuvent également être utilisés pour la production du tournesol. Il est possible d'atteindre des rendements satisfaisants sur des sols sableux assez légers. Elle est sensible à la saturation en eau, ne supporte pas les sols acides. La gamme du pH la plus favorable pour la croissance du tournesol est de 6,0 et 7,5 (Romain, 2001).

Les nutriments adéquats sont essentiels pour le rendement élevé des semences. L'azote doit être lié à la disponibilité du phosphore et de la potasse. Le phosphore ne donne aucune augmentation significative du rendement. Le

potassium est essentiel pour une croissance saine et un rendement élevé et des réponses à l'absence d'autres nutriments sont réduits (Weiss, 1983). La culture du tournesol est particulièrement sensible à la carence en Bore (Doorenbos, 1980).

1.2.2. Climat

Le tournesol demande un climat chaud. Sa teneur en huile dépend beaucoup de la quantité de chaleur que reçoit la plante, tout particulièrement durant la phase de maturation des graines. Il résiste bien au froid jusqu'à -6 à -8°C (Memento de l'agronome, 1998). Pour une germination optimale, la température mensuelle moyenne doit être supérieure à 10°C. Pour une croissance optimale, le tournesol préfère des températures comprises entre 18 et 27°C (Romain, 2001).

A des températures élevées, les abeilles sont moins actives, ce qui réduit la pollinisation et la formation des graines. La maturation est favorisée par temps sec et chaud (Romain, 2001). En général, les semences des plantes annuelles ne germent pas à des températures en dessous de 7°C et au-dessus de 30°C (Vallée & Bilodeau, 1999).

La lumière est absolument indispensable au tournesol pour accomplir son cycle végétatif (Memento de l'agronome, 1998). Le rayonnement a non seulement un impact sur la productivité mais aussi un effet important sur la vitesse de croissance des limbes. Une variation de la densité de couvert influe sur la quantité de lumière interceptée par la plante (Casadebaig, 2008).

Les besoins en eau du tournesol s'élèvent à 500 à 600 mm de pluie environ durant son cycle végétatif. Ces besoins sont surtout importants durant les 50 à 70 jours qui suivent le semis (Memento de l'agronome, 1998) et plus particulièrement du stade bouton floral et au début de la formation des graines (Vespa, 1985 in Nimubona, 1994). En outre, le tournesol est une plante qui résiste assez bien à la sécheresse compte tenu de son système

radiculaire bien développé. Il craint les excès d'humidité (Memento de l'Agronome, 1998).

1.3. Contraintes de la culture du tournesol

Les oiseaux et les rongeurs peuvent provoquer des pertes considérables pendant la maturation de la culture et il faut prendre des mesures de lutte par exemple les répulsifs chimiques, canons à oiseaux et récolte précoce (Prota, 2007). Les dégâts d'oiseaux sont d'autant plus faibles que la levée est rapide. Les chenilles de noctuelles terricoles (ou vers gris), dont les morsures détruisent les jeunes plantes, sont à surveiller dès la levée de la culture pour une intervention rapide si nécessaire (CETIOM, 2015).

Les ravageurs provoquent moins de dégâts que les maladies. Cependant la petite limace grise, limace horticole et la tipule des prairies ainsi que le thrips du tabac et d'oignon attaquent surtout les jeunes plantes. Le moineau domestique, le verdier et la linotte mélodieuse dévorent les graines du capitule à maturité (Mestries *et al.*, 2011). Les myriapodes (iules, blaniules, scutigérelles), ravageurs souterrains, très localement présents et de façon occasionnelle peuvent être maîtrisés de la même façon que les taupins (CETIOM, 2015). En ce qui concerne les insectes, ils sont plus nombreux et beaucoup sont propres à un continent (Prota, 2007).

Les maladies cryptogamiques les plus importantes auxquelles la culture du tournesol est soumise sont causées par *Phoma* (*Phoma macdonaldii*), *Plasmopara halstedii* (le mildiou), *Phomopsis* (*Phomopsis helianthi*) et *Sclerotinia* (*Sclerotinia sclerotiorum*). Grâce au progrès génétique, la principale méthode de lutte contre les maladies du tournesol repose aujourd'hui sur l'utilisation de variétés à bon comportement (INRA, 2011).

La lutte agronomique regroupe une diversité de mesures contribuant à réduire le risque d'attaques et à limiter l'impact de celles-ci sur la culture. Basées sur la prévention (ex. succession de cultures), l'esquive (ex. date de semis) ou la création de conditions peu favorables à l'expression du champignon

pathogène (rationnement végétatif), ces mesures sont autant de pratiques dont l'effet partiel sur les maladies du tournesol a été démontré (INRA, 2011).

L'association, au cours du temps et à l'échelle de la région, des méthodes de lutte agronomique, génétique, chimique et biologique, est la clé pour une maîtrise efficace et durable des maladies du tournesol (INRA, 2011). Lors de l'usage des insecticides, il faut le faire à ce que ces derniers utilisés pour lutter contre les ravageurs du tournesol ne soient pas toxiques pour les abeilles pollinisatrices pendant la période de floraison (Prota, 2007).

I.4. Usages et culture de tournesol au Burundi

La culture du tournesol reste pour le Burundi une culture plastique avec moins de contraintes biotiques et abiotiques (MINAGRIE, 2008). Cette plante est introduite au Burundi au cours des années 1930, le tournesol pousse dans beaucoup de zones écologiques du pays mais entre très peu dans la constitution de la ration alimentaire des populations rurales à cause de l'insuffisance et de l'absence des infrastructures de transformation post-récolte et des programmes cohérents de sa promotion (MINAGRIE, 2008).

Elle est entreprise dans le Bugesera et le Bweru. Une usine de trituration a été mise en place dans la province de Kirundo. La production nationale est estimée à moins de 1000 tonnes (MINAGRIE, 2008).

L'huile du tournesol est excellente et l'on s'en sert comme l'huile de table au même titre que l'huile d'arachide et l'huile d'olive. Elle est même considérée comme un produit diététique et préconisée, à ce titre, pour des propriétés anti cholestérol (Memento de l'Agronome, 1998). Elle renferme des acides linoléiques qui sont essentielles à la vie de l'homme (Andriaens, 1951).

D'après les nutritionnistes, cette huile est fortement recommandée par les diététiciens en raison de la forte proportion des acides

gras essentiels qu'elle contient. De plus, son contenu élevé en acides gras polyinsaturés et faible en acides gras saturés en fait un choix santé (Med, 2006). Elle est composée d'environ 90 % d'acides gras insaturés et 10 % d'acides gras saturés (Romain, 2001), Ce qui en fait une huile recommandée pour les régimes visant à réduire les forts taux de cholestérol dans le sang (FAO, 1990).

Les graines de tournesol contiennent 45 % d'huile comestible et 13 à 20 % de protéines facilement digestibles ainsi qu'un tourteau riche en protéines, utilisé pour l'alimentation du bétail comme les porcs, les volailles et les bovins (Memento de l'Agronome, 1991). Il est aussi exploité par l'agro-industrie pour la fabrication des savons, des lubrifiants, des détergents et des peintures (MINAGRIE, 2008).

De par ses multiples usages, il importe de porter à la connaissance du public des exigences écologiques du tournesol au cours de son cycle végétatif. C'est dans ce cadre

qu'une étude basée sur le suivi d'une culture de tournesol dans les conditions d'association avec le haricot et d'application ou non de fumure organique a été conduite. Les hypothèses vérifiées sont à deux : « le fumier influence le cycle de croissance et le rendement du tournesol », l'association haricot-tournesol influence le cycle de croissance et le rendement du tournesol ».

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériels

2.1.1. Site d'étude

Une culture de tournesol a été réalisée dans la plaine de l'Imbo sur un terrain de l'Ecole Normale Supérieure. Sur une période de quatre ans (2010-2013), le diagramme ombrothermique de la plaine de l'Imbo (Figure 1) montre une saison sèche de mai à septembre. Les précipitations sont abondantes aux mois de mars et décembre.

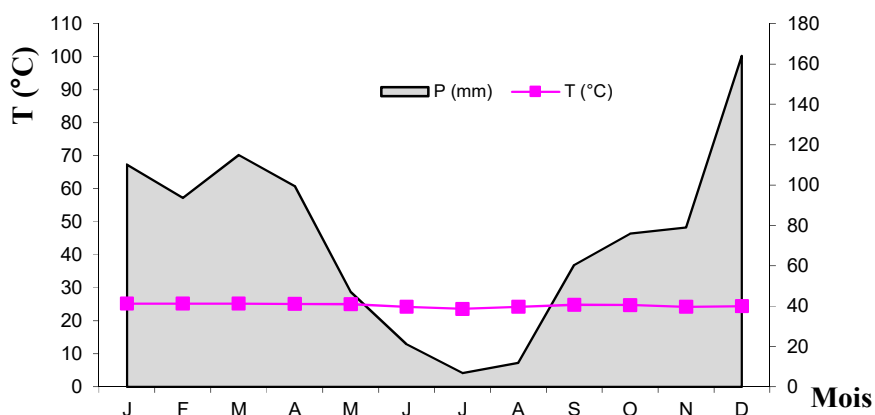


Figure 1: Diagramme ombrothermique (IGEBU, 2010-2013)

Le sol de l'Imbo comprend quatre principales catégories: les sols noirs argileux "igihomba", les sols limoneux "ikigobe", les sols sablonneux "umusenyi", les sols salins "igitumba" et les sols argilo-sablonneux "inombe". Le sol de notre zone d'étude appartiendrait à la catégorie des sols noirs argileux (avec un pH de 7,37).

Les autres matériels utilisés sont entre autres la houe, la corde, l'arrosoir, le GPS OREGON 450, le mètre ruban, le couteau, le pH mètre, la machette, l'appareil photo, la balance, le râteau, une règle graduée, un bloc-

notes et un stylo et de petits morceaux de moustiquaires bien lavés pour éviter les oiseaux venant ravager les capitules.

2.2. Méthodes

2.3.1. Dispositif expérimental

Sur un terrain bien labouré, 4 lignes, avec 10 poquets sur la ligne 1 et la ligne 4 et 5 poquets sur la ligne 2 et 3 ont été installées (Figure 2). L'écartement entre les lignes était 160 cm et la distance entre les plantes était 44 cm. Pour

suivre l'influence du fumier organique sur la productivité du tournesol, les poquets des lignes 1 et 2 ont reçu chacun 250 g de fumier organique tandis que ceux des lignes 3 et 4 sont restés sans fumier servant ainsi de

témoins. Pour tester l'impact de l'association tournesol-haricot, les poquets des lignes 1 et 4 ont reçu alternativement trois graines de tournesol et de haricot tandis que les lignes 2 et 3 ont servi de témoins.

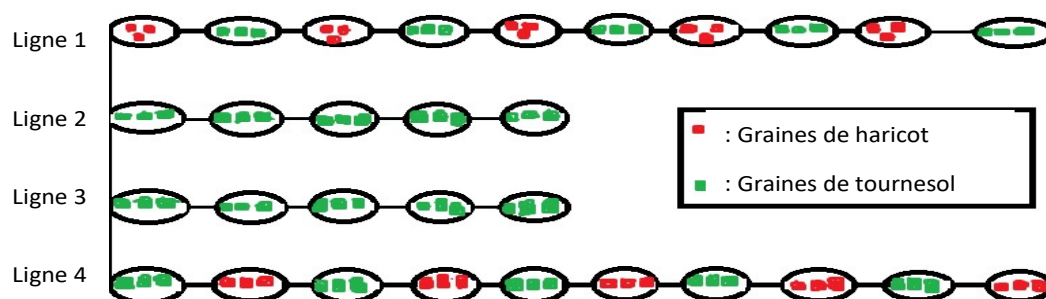


Figure 2 : Dispositif expérimental

2.3.2. Collecte et analyse des données

La collecte des données a concerné la hauteur des plantes et le nombre de feuilles par plante chaque fois après huit jours; le diamètre des feuilles en longueur et en largeur, le diamètre des capitules et le diamètre au collet tous les six jours. Le nombre de capitules par plante

était compté tous les quatre jours. Le suivi a été réalisé pour tous ces paramètres jusqu'à la stabilité de la croissance de la plante et quand les feuilles et les capitules ont cessé d'apparaître. La récolte a été faite quand la moitié des feuilles des plantes était devenue sèche (Photos 1 & 2).



Photos 1 & 2 : Capitules du tournesol à l'âge de la récolte

En ce qui concerne le rendement, la détermination du nombre de graines par capitule, du nombre de capitules par plante et du poids de 1000 graines en faisant une comparaison entre les lignes avec fumier et celles sans fumier, ce qui a permis d'estimer la productivité du tournesol.

Pour s'assurer de l'effet du fumier et de l'association tournesol-haricot sur les

paramètres du cycle végétatif (hauteur, diamètre au collet, diamètre des feuilles en longueur et en largeur, diamètre des capitules, nombre de feuilles,) et le rendement (nombre de graines par capitule et nombre de capitules), il a été utilisé respectivement le test F de l'analyse de la variance à une voie (ANOVA à un seul facteur) et le test de Bonferroni pour détecter où résident les différences significatives.

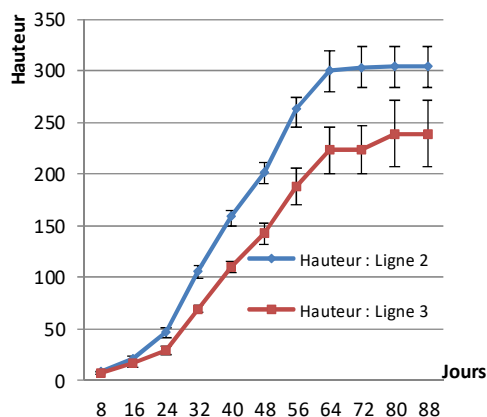
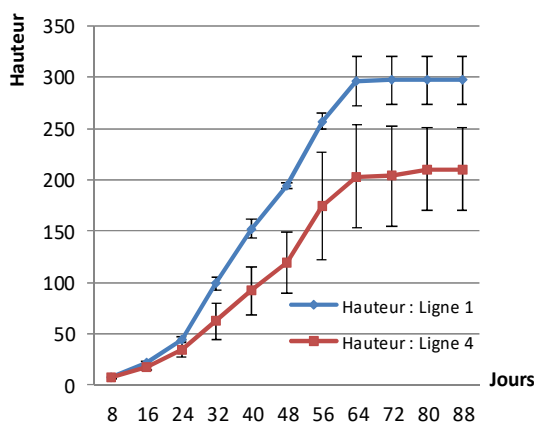
3. RESULTATS

3.1. Cycle végétatif du tournesol

Le taux de germination a été de 83,3 % après une période de 11 jours après le semis. La période végétative est en moyenne de 113 jours, soit 3 mois 23 jours. La floraison est apparue après 68 jours de la levée des jeunes plantules et la durée moyenne de maturation

des capitules a été de 46 jours (Figures 3 & 4, photo 3).

Pour la vitesse de croissance, elle est plus importante pour les lignes 1 et 2 ayant reçu du fumier. La croissance était lente durant les premiers jours (24 jours de la levée), très rapide à partir du 24^{ème} jour jusqu'au 64^{ème} jour et a commencé à se stabiliser vers la maturité (à partir du 64^{ème} jour jusqu'au 80^{ème} jour). Cela s'est manifesté pour les lignes sans fumier et celles avec fumier.



Figures 3 & 4. Courbes de la croissance de la hauteur du tournesol



Photo 3. *Helianthus annuus* (Tournesol) après un mois de la levée

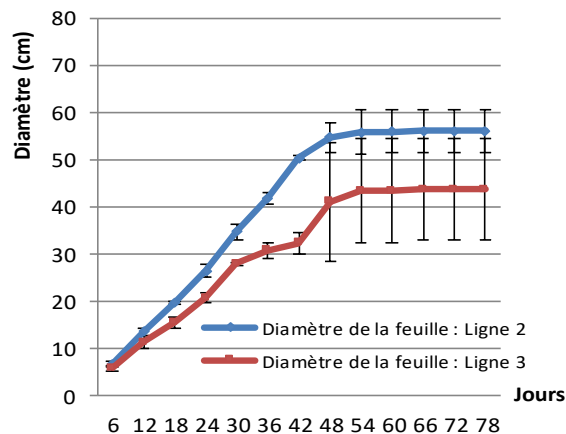
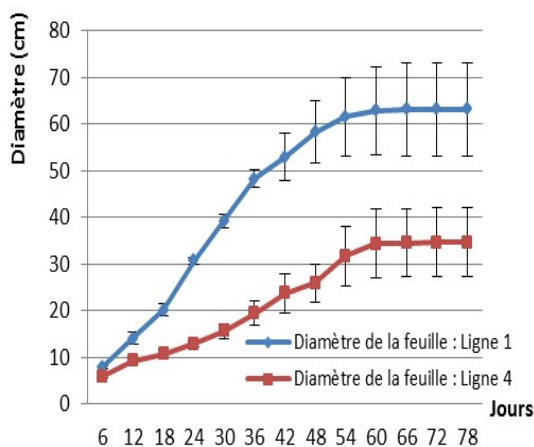
3.2. Croissance du diamètre des feuilles en longueur et en largeur

La croissance du diamètre des feuilles en longueur (Figures 5 & 6) a été plus rapide

pour les lignes avec fumier que les lignes sans fumier. Dès la levée, le rythme de croissance (du diamètre en longueur) pour les lignes avec fumier était rapide que pour les lignes sans fumier. Toutefois, à partir du 18^{ème} jour, parmi

les lignes avec fumier, la croissance des feuilles (en longueur) de la ligne 1 était rapide que celle de la ligne 2. Pour le cas des lignes sans fumier, la croissance du diamètre des feuilles en longueur de la ligne 3 était très rapide que celle de la ligne 4 depuis la levée.

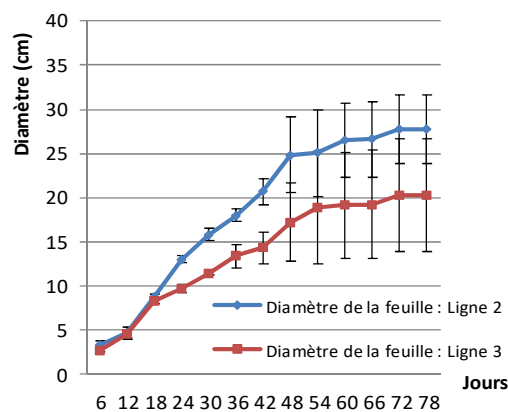
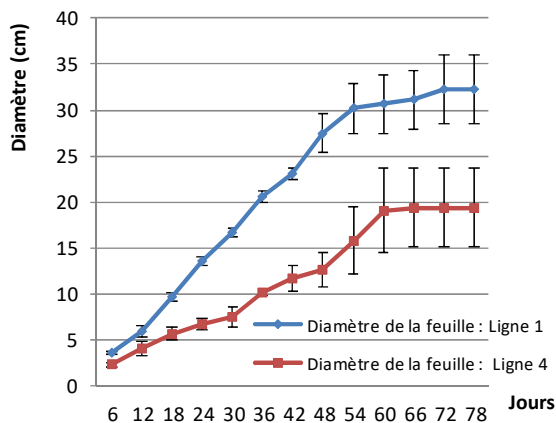
A partir du 48^{ème} et 54^{ème} jour de la levée, la tendance à la stabilité de la croissance du diamètre des feuilles en longueur a été observée respectivement pour les lignes 2 et 3 et pour lignes 1 et 4. La stabilité proprement dite a été atteinte au 66^{ème} jour de la levée pour les lignes 1, 2,3 et 72^{ème} jour pour la ligne 4.



Figures 5 & 6. Courbes de la croissance de diamètre en longueur des feuilles

La croissance du diamètre en largeur des feuilles (Figures 7 & 8) pour la ligne 1 était rapide dès la levée que la ligne 2 et aussi, elle était rapide depuis la levée pour la ligne 3 que la ligne 4. La tendance à la stabilité a

commencé au 54^{ème} et 60^{ème} jour de la levée respectivement pour les lignes 1 et 3 et pour les lignes 2 et 4. La stabilité proprement dite étant observée au 72^{ème} jour pour les lignes 1, 2,3 et au 66^{ème} jour pour la ligne 4.



Figures 7 & 8. Courbes de croissance du diamètre des feuilles en largeur

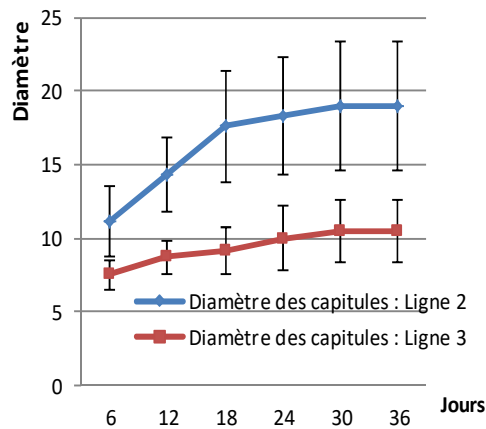
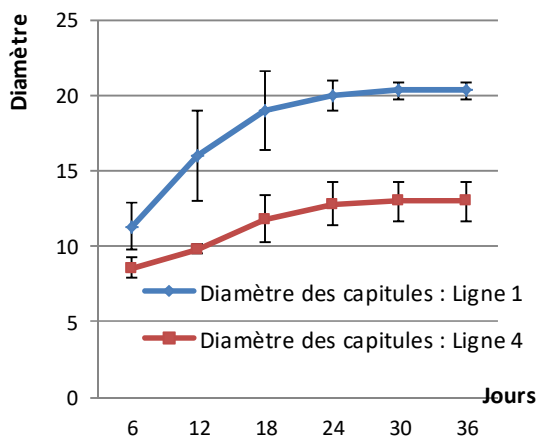
3.3. Diamètre des capitules du tournesol

En général, la croissance en diamètre des capitules (Figures 9 & 10) était rapide et

grande pour les lignes avec fumier que celles sans fumier. Les lignes avec fumier avaient une croissance rapide mais avec une croissance élevée pour la ligne 1 que pour la

ligne 2 durant les 18 premiers jours. De même, durant cette même période, la croissance en diamètre des capitules étaient rapide pour la ligne 4 que la ligne 3.

Pour toutes lignes, la tendance à la stabilité a commencé depuis le 18^{ème} jour tandis que la stabilité proprement dite a été observée au 30^{ème} jour de l'apparition des capitules.

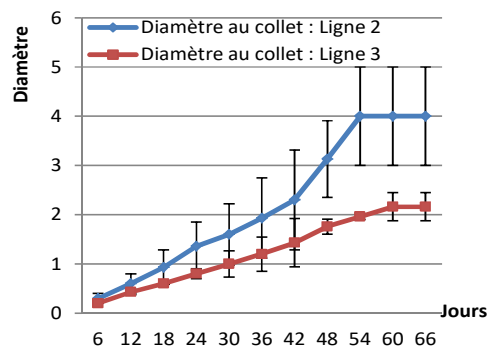
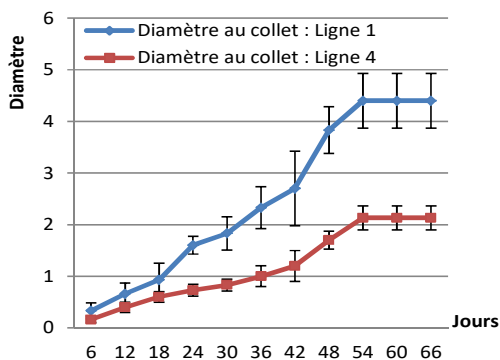


Figures 9 & 10. Courbes de la croissance en diamètre du capitule

3.4. Diamètre au collet

La croissance en diamètre au collet (Figures 11 & 12) est rapide pour les lignes avec fumier que celles sans fumier. Depuis la levée jusqu'au 18^{ème} jour, le rythme de croissance pour les lignes 1 et 2 était presque le même, et cela a été observé également pour les lignes 3

et 4. Au 48^{ème} jour de la levée, la tendance à la stabilité a été observée pour les lignes 1, 2, 3 et 4 tandis que la stabilité proprement dite s'est manifestée au 54^{ème} jour pour les lignes 1, 2 et 4 et au 60^{ème} jour de la levée pour la ligne 3.



Figures 11 & 12. Courbe de croissance en diamètre au collet du tournesol

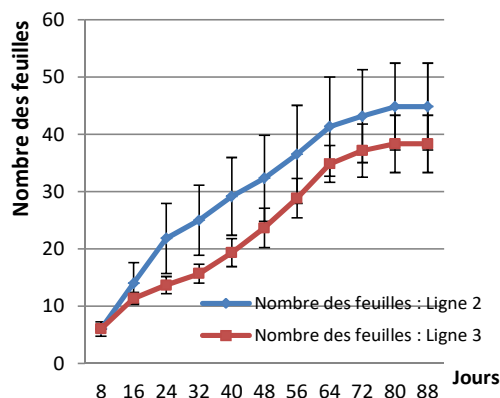
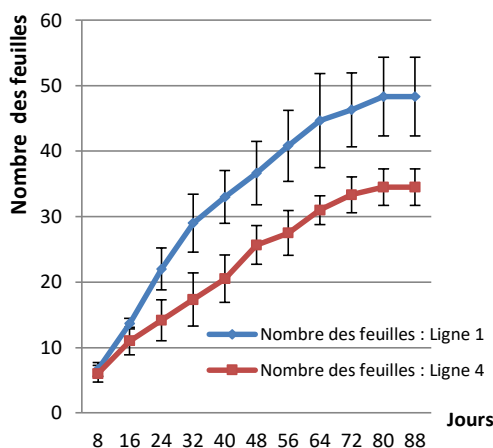
3.5. Nombre des feuilles

Les feuilles apparaissent rapidement et avec le même rythme pour les lignes avec fumier jusqu'au 24^{ème} jour contrairement aux lignes

sans fumier (Figures 13 & 14). A partir de ce jour, le nombre de feuilles apparaissait en nombre élevé pour la ligne 1 que la ligne 2. Pour les lignes 3 et 4, à partir du 24^{ème} jour jusqu'à 56^{ème} jour, le nombre de feuilles était

en nombre élevé pour la ligne 4 que pour la ligne 3 mais à partir du 56^{ème} jour jusqu'à la stabilité de l'apparition du nombre de feuilles, la ligne 3 connaît par contre un nombre élevé

des feuilles que celui de la ligne 4. La stabilité a commencé au 80^{ème} jour de l'apparition des feuilles.



Figures 13 & 14: Courbe de l'apparition du nombre des feuilles

3.6. Rendement

Les plantes des lignes (3 et 4) n'ayant pas bénéficié de fumier ont donné un nombre moins élevé de capitules par rapport à la ligne 1 et 2.

Pour le nombre de graines, les pieds des lignes (ligne 1 et ligne 2) ayant reçu du fumier donnent des capitules qui ont un grand nombre des graines (ligne 1: 2036 et ligne 2: 1799 en moyenne) comparativement aux autres lignes (ligne 3 et ligne 4) sans fumier (ligne 3 : 471 et ligne 4: 723 en moyenne).

Egalement, plus le diamètre du capitule est grand, plus élevé est le nombre des graines. Donc, le fumier aurait exercé une influence sur le nombre des graines par capitule.

Enfin, les graines récoltées sur les capitules des lignes sans fumier ont un poids faible par rapport à celles provenant des pieds des lignes avec fumier. Mille graines des lignes avec fumier pèsent 40 g contre 30 g pour les lignes sans fumier.

3.7. Test de l'effet du fumier et de l'association sur la croissance et le rendement

Les tableaux 1 et 2 présentent la synthèse des résultats des tests utilisés pour vérifier statistiquement l'influence du fumier et de l'association respectivement sur les différents paramètres observés et mesurés au cours de la période végétative du tournesol. Le fumier a une influence sur tous les paramètres explorés contrairement à l'association du haricot au tournesol.

Tableau 1. Vérification de l'influence du fumier sur chaque paramètre observé (+ : Le fumier a exercé une influence, F: Fischer, degré de signification 0,05).

Paramètre observé	F calculé	F observé (α)	Décision	Conclusion
Hauteur du tournesol	13,6531	3,10	$\alpha < 13,6531$	+
Diamètre au collet	12,0974	4,07	$\alpha < 4,07$	+
Diamètre en longueur des feuilles	8,9596	3,49	$\alpha < 8,9596$	+
Diamètre en largeur des feuilles	6,8718	3,49	$\alpha < 6,8718$	+
Diamètre de capitule	10,2226	4,07	$\alpha < 10,2226$	+
Nombre de feuilles	6,9213	3,10	$\alpha < 6,9213$	+
Nombre de capitules	3,7254	3,10	$\alpha < 3,725$	+
Nombre de graines/capitule	25,8098	4,07	$\alpha < 25,8098$	+

Taleau 2. Vérification de l'influence de l'association sur chaque paramètre observé (- : pas d'influence; calc.: calculé; obs.: observé).

Ligne	Paramètre observé.	t calculé	t observé	Décision	Conclusion
L1et L2	Hauteur du tournesol	0,3776	2,086	t cal. < t obs.	-
	Diamètre au collet	1,1713	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre en longueur des feuilles	1,4297	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre en largeur des feuilles	1,6564	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre de capitule	0,9051	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de feuilles	1,0597	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de capitules	0,1976	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de graines/capitule	1,5513	2,086	t calc. < t obs.	-
L3et L4	Hauteur du tournesol	1,6511	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre au collet	0,0975	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre en longueur des feuilles	1,8739	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre en largeur des feuilles	0,3239	2,086	t calc. < t obs.	-
	Diamètre de capitule	1,6972	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de feuilles	1,1606	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de capitules	0,3982	2,086	t calc. < t obs.	-
	Nombre de graines/capitule	1,6518	2,086	t calc. < t obs.	-

4. DISCUSSION

4.1. Cycle végétatif

4.1.1. Levée

Les résultats de cette étude montrent qu'après 11, 14 jours pour les lignes avec fumier et 10 jours pour les lignes avec fumier, toutes les graines du tournesol avaient déjà germées. Ces résultats sont proches de ceux observés par d'autres auteurs. En effet, la levée des graines de tournesol se situe entre 5 et 10 jours (Prota, 2007) et entre 7 et 15 jours

(Académie d'Agriculture de France, 1949). Cette légère différence pourrait dépendre du faible pouvoir germinatif des graines mais aussi des conditions édaphiques du milieu de culture qui diffèrent d'une zone écologique à l'autre. En effet, le temps nécessaire à la levée de la culture est uniquement fonction de la température (Angus et al., 1981 in Casadebaig, 2008) et de la profondeur du semis, à partir du moment où la teneur en eau du lit de semence est adéquat.

4.1.2. Durée du cycle du tournesol

La période végétative du tournesol au cours de l'expérimentation a été de 113 jours en moyenne, soit 3 mois 23 jours (avec 112 jours pour les lignes avec fumier et 114 jours pour les lignes sans fumier). Ces résultats corroborent ceux de Med (2006) qui avait indiqué dans son étude que la maturité du tournesol est de 100 à 120 jours. De plus, cette durée du cycle végétatif du tournesol est habituellement d'environ 4 mois, mais varie dans une fourchette de 75 à 180 jours (Prota, 2007); de 80 à plus de 170 jours (Abou, 2006); de 120 à 150 jours (Memento de l'Agronome, 2012), de 100 à 120 jours (MINAGRIE, 2008) et de 80 à 180 jours (Gallais & Bannerot, 1992).

La légère différence peut s'expliquer par les conditions climatiques, édaphiques, culturales et génotypiques. En effet, la température est implicite au travers de ses effets sur la durée du cycle et explicite sur le niveau de l'activité métabolique, les autres contraintes comme le déficit hydrique édaphique ou les carences minérales affectent principalement le développement et la croissance des organes ainsi que le niveau d'activité photosynthétique (Casadebaig, 2008).

4.1.3. Durée de floraison-maturité

La durée de floraison-maturité est de 46 jours en moyenne (49 jours pour les lignes avec fumier et 43 pour les lignes sans fumier). Ce nombre moyen est proche de ceux d'autres études antérieures. En effet, la floraison-maturité du tournesol exige 30 à 45 jours (Prota, 2007); 50,9 jours en moyenne (Chervet & Vear, 1990), entre 30 et 40 jours (Gallais & Bannerot, 1992) et de 70 et 150 jours (CETIOM, 2012). Le nombre moyen que nous avons trouvé se situe dans l'intervalle proposé par Prota (2008). Il est moins élevé par rapport la durée proposée par CETIOM (2012).

Cette période de floraison-maturité dépend des variétés utilisées, des conditions écologiques de culture (température surtout), des génotypes et des conditions culturales. En

plus, la préparation du sol est un élément fondamental. L'alimentation azotée doit être précoce pour permettre un bon remplissage (formation des ébauches florales), et en période de post floraison, un déficit hydrique entraîne une diminution de la durée du couvert foliaire et la durée de son activité s'en trouve affectée (Desanlis, 2013).

4.1.4. Levée-floraison

Les premières fleurs ont été observées après 68 jours en moyenne (avec 64 jours pour les lignes avec fumier et 72 jours pour les lignes sans fumier). La levée-floraison du tournesol se situe entre 10 et 80 jours (CETIOM, 2012) et en moyenne de 70,8 cm (Chervet & Vear, 1990). Cette durée de levée-floraison est sous l'influence de divers facteurs à savoir les conditions climatiques, culturales, régionales et génotypiques. En effet, la température agit de façon indirecte en régulant le niveau de l'activité métabolique. Les autres contraintes comme le déficit hydrique édaphique ou les carences minérales affectent principalement le développement et la croissance des organes ainsi que le niveau d'activité photosynthétique (Casadebaig, 2008).

4.1.5. Hauteur

La hauteur moyenne des pieds de tournesol cultivés a varié de 300,55 cm pour les lignes avec fumier et de 224,44 cm pour les lignes sans fumier. Dans les deux cas, nos résultats sont comparables à ceux des autres auteurs. En effet, cette hauteur varie de 50 à 500 cm (Med, 2006), entre 50 cm et 400 cm (Ngomirakiza, 2006), entre 100 cm et 400 cm (Baert, 1985 *in* Nimubona, 1994), entre 50 cm et 300 cm (Abou, 2006), de 200 à 400 cm (Prota, 2007), entre 300 cm à 400 cm (Nyabyenda, 2007) et entre 70 cm à 350 cm (Memento de l'Agronome, 2002). La hauteur du tournesol peut dépasser 2 m (Pesson & Louveau, 1984; Boullards, 2001; Melinda, 2007).

Ainsi, la variabilité constatée peut s'expliquer par le fait que la performance d'une variété de tournesol s'exprime de façon différente en fonction des conditions environnementales

(sol, climat, année) et de la conduite de la culture (date de semis, conduite azotée, irrigation) (Allinne, 2009). De plus, les plantes bien alimentées en azote sont plus vigoureuses et présentent une hauteur supérieure aux plantes carencées en azote (Ozer *et al.*, 2004 *in* Desanlis, 2013).

Enfin, l'augmentation de la densité du peuplement provoque l'élongation de la tige, probablement du fait d'une compétition pour la lumière (Desanlis, 2013) de même que le déficit hydrique édaphique ou les carences minérales affectent principalement le développement et la croissance des organes (Casadebaig, 2008).

4.1.6. Diamètre des feuilles

Le diamètre moyen de la feuille est de 50 cm en longueur et de 30 cm en largeur pour les lignes avec fumier; et 39,21 cm en longueur et 19,81 cm en largeur pour les lignes sans fumier. Ces résultats sont supérieurs à ceux des autres auteurs. En effet, le diamètre des feuilles est de 10 à 30 cm de longueur et de 5 à 20 cm de largeur (Ngomirakiza, 2006; Memento de l'Agronome, 2002).

Cette différence peut dépendre de la densité de peuplement et des facteurs environnementaux et abiotiques. Quatre facteurs ont été identifiés comme limitants dans les environnements de cultures usuelles: la température, le rayonnement, l'eau et l'azote du sol (Connor & Sandras 1992; Connor & Hall, 1997 *in* Casadebaig, 2008). Desanlis (2013) indique également que la taille des feuilles varie considérablement en fonction de l'alimentation azotée, le nombre de feuilles n'étant cependant pas affecté.

De plus, tout excès de la croissance foliaire en préfloraison (indice foliaire > à 2, 5) entraîne une surconsommation en eau préjudiciable au maintien de la surface foliaire pendant la floraison (Champolivier *et al.*, 2011 *in* Desanlis, 2013).

Enfin, une variation de la densité du couvert influe sur la quantité de lumière interceptée par la plante et la compétition pour cette

ressource réduit la vitesse de croissance des limbes entraînant une surface finale plus faible (Rawson & Handmarsh, 1983; Rey, 2003 *in* Casadebaig, 2008).

4.1.7. Diamètre du capitule

Le diamètre moyen du capitule trouvé a été de 19,66 cm pour les lignes avec fumier et 11,75 cm pour les lignes sans fumier. Le diamètre moyen du capitule dépend de la variété de tournesol considérée. En effet, il est de 14 à 17 cm pour les variétés riches en huile, de 30 à 50 cm pour les variétés pauvres mais riches en matières amylacées et de 17 à 25 cm pour le groupe intermédiaire (Baert, 1985 *in* Nimubona, 1994).

Le diamètre du capitule est très variable, il est de 5 à 50 cm (Abou, 2006; Gallais & Bannerot, 1992), de 10 à 40 cm (Ngomirakiza, 2006), de 15 à 40cm (Nyabyenda, 2007), de 10 à 40 cm (Memento de l'Agronome, 2002), de 15 à 30 cm (Demol, 2002) et de 32 cm (Rossier & Parmentier, 1809).

Cette variabilité est plus liée aux conditions hydriques, climatiques et culturelles au cours de la période florale. En effet, le peuplement serré, qui entraîne une compétition intra spécifique, provoque la réduction du nombre d'akènes par plante. L'alimentation azotée quant à elle agit sur le degré de remplissage des grains en assurant une bonne activité photosynthétique (Blanchet *et al.*, 1987 *in* Desanlis, 2013).

Pour l'alimentation hydrique, tout excès de la croissance foliaire en préfloraison (indice foliaire > à 2,5) entraîne une surconsommation en eau préjudiciable au maintien de la surface foliaire pendant le remplissage des ébauches (Champolivier *et al.*, 2011 *in* Desanlis). Tous ces facteurs interfèrent sur la croissance en diamètre du capitule.

4.1.8. Diamètre au collet

Les résultats de cette étude donnent une valeur moyenne de 4,2 cm du diamètre au

collet pour les lignes avec fumier et de 2,14 cm de diamètre pour les lignes sans fumier. Les résultats des autres auteurs sont similaires aux nôtres et indiquent un diamètre moyen au collet de 2 à 8 cm (Vandenput, 1981 *in* Muhitira, 1996), 2,34 cm (Chervet & Vear, 1990), 3 à 6 cm (Prota, 2007), 1 à 4 cm (Gallais & Bannerot, 1992) et 2 à 7 cm (Evon, 2008).

Plusieurs facteurs influent sur ce paramètre. Le diamètre au collet quelque fois dépend de l'alimentation azotée car celle-ci permet aux plantes bien alimentées d'être plus vigoureuses et présentent ainsi un diamètre des tiges supérieur aux plantes carencées en azote (Ozer *et al.*, 2004 *in* Desanlis, 2013). L'irrigation a aussi une influence sur le diamètre car un déficit hydrique édaphique en affecte le développement et la croissance des organes (Casadebaig, 2008).

4.1.9. Nombre de feuilles

Les pieds de plantes suivis au cours de la période végétative ont donné en moyenne 46 feuilles par plante pour les lignes avec fumier et 36 feuilles pour les lignes sans fumier ce qui explique l'importance du fumier dans la croissance du tournesol. Chervet & Vear (1990) et Evon (2008) ont respectivement trouvé dans leurs études 27 et 20 à 30 de feuilles en moyenne par tige.

Le nombre de feuilles peut dépendre de l'alimentation en azote qui influence le couvert végétal, et de l'alimentation en eau qui influence le maintien et l'établissement des ébauches foliaires (Desanlis, 2013). Ce nombre peut aussi dépendre du rayonnement et de la densité du peuplement.

4.2. Rendement

4.2.1. Nombre de graines par capitule

Le nombre moyen de graines que le capitule peut contenir est de 1917 pour les lignes avec fumier et 597 pour celles sans fumier. Chervet & Vear, 1990 ont trouvé 850 grains et 1155 grains par capitule respectivement dans le premier et dans le second essai. Les facteurs

qui peuvent interagir et jouer le rôle de facteurs limitants sont entre autres l'alimentation en eau des plantes et les conditions culturales. En effet, Allinne (2009) précise qu'en dépit de son bon comportement face à la sécheresse (enracinement profond, ajustement de la surface foliaire,...), il subsiste une fluctuation interannuelle du rendement et de la teneur en huile notamment lors des contraintes hydriques marquées au moment de la phase de floraison qui détermine le nombre de graines par capitule.

De plus, l'élaboration du rendement s'effectue tout le long du cycle, et dépend du nombre des ébauches florales, du nombre d'akènes fécondés lors de la floraison et enfin du remplissage des akènes (remobilisation) (Merrien, 1992 *in* Allinne, 2009).

4.2.2. Poids pour 1000 graines

Le poids de 1000 graines trouvé est de 40 g et 30 g respectivement pour les lignes avec fumier pour des lignes sans fumier. Pour d'autres auteurs, le poids pour 1000 graines varie de 40 à 200 g (Abou, 2006), de 40 à 60 g (Prota, 2007), de 30 et 100 g (Gallais & Bannerot, 1992), de 40 et 200 g (Romain, 2001). Ces rendements dépendent du rayonnement solaire, des conditions culturales (fumure) mais aussi des maladies.

En effet, en période de post floraison, un déficit hydrique entraîne une diminution de la durée du couvert foliaire et de son activité et en conséquence le poids de 1000 graines et la teneur en huile s'en trouvent affectés (Desanlis, 2013). L'eau et la fertilisation azotée sont les facteurs déterminants pour la culture car l'obtention des graines de qualité dépend de leur approvisionnement (Abou, 2006). Enfin, les nutriments (NPK) adéquats sont essentiels pour le rendement élevé des semences (Weiss, 1983).

De même, la compétition intra spécifique entraîne la réduction de la surface foliaire et du nombre d'akènes par plante ainsi que de leur masse moyenne (Desanlis, 2013).

5. CONCLUSION

Le suivi du cycle végétatif des pieds du tournesol en association avec le haricot d'une part, et avec ou non l'application de la fumure organique d'autre part, a été réalisé à l'aide des mesures régulières des paramètres de la croissance comme la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles, le nombre de capitules, le diamètre du capitule et le diamètre en longueur et en largeur de la feuille. Le rendement a été estimé en l'exprimant par le poids de 1000 graines et le nombre de graines par capitule. Le test F de l'analyse de la variance à une voie, a confirmé que le fumier organique a un effet significatif sur tous les paramètres de croissance et de rendement considérés. Quant à l'association tournesol-haricot, la méthode de Bonferroni a montré que l'association pratiquée n'avait pas eu d'influence sur les paramètres pris en compte.

6. BIBLIOGRAPHIE

Abou A. F. T., 2006.- Déterminisme de la tolérance du tournesol à *Phoma macdonaldii* au collet et sur racines: approches génétiques et histologiques. INPT, Spécialité: Biosciences Végétales, 196 p.

Académie d'Agriculture de France, 1949.- Compte rendus hebdomadaires des séances de l'académie d'Agriculture de France. *L'académie*, 306 p.

Allinne C., 2009.- Modélisation éco physiologique et analyse génétique pour la recherche des génotypes du tournesol adaptés aux basses températures causés par le semis précoces. INPT, thèse, 166 p.

Andriaens E.L., 1951.- Les oléagineux du Congo- belge. Bruxelles, 321 p.

Boullards B., 2001.- Pantes médicinales du monde croyances et réalités. De Boeck Secundair, 636 p.

Casadebaig P., 2008.- Analyse et modélisation des interactions génotypes-environnement de culture: application au tournesol (*Helianthus annuus*). INPT, thèse, 196 p.

CETIOM, 2012.- Guide de culture (tournesol), 24 p.

CETIOM, 2015.- Guide de culture du tournesol, 32 p.

Chervet B. & Vear F., 1990.- étude des relations entre la précocité du tournesol et son rendement, sa teneur en huile, son développement et sa morphologie agronomique, EDP Sciences, 56 p.

Demol J., 2002.- Amélioration des plantes: Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Presse Agronomique de Gembloux, 581 p.

Desanlis M., 2013.- Analyse et modélisation des effets de la conduite de culture sur deux maladies cryptogamiques majeures du tournesol : *Phoma macdonaldii* et *Phomopsis helianthi*. INPT, thèse, 222 p.

Doorenbos J., 1980.- Réponses des rendements à l'eau. Food et Agriculture Organization, 225 p.

Evon P.M., 2008.-Nouveaux procédés de bio raffinage du tournesol plante entière par fractionnement thermo-mécano-chimique en extrudeur bi-vis: Etude de l'extraction aqueuse des lipides et de la mise en forme du raffinat en agro matériaux par thermo moulage. INPT, thèse, 388 p.

FAO, 1990.- Utilisation des aliments tropicaux: graines oléagineuse tropicale. Edition Quae, 93 p.

Gallais A. & Bannerot H., 1992.- Amélioration des espèces cultivées, objectifs et critères de sélection. Edition Quae, 768 p.

INRA, 2011.- Carrefour de l'innovation agronomique, 164 p.

- Med A. A. M., 2006.- Marché mondial des Oléagineux. INA, 367 p.
- Mélinda W., 2007.- Fleurs comestibles: Du jardin à la table. Les éditions Fides, 278 p.
- Memento de l'Agronome 1991.- Ministères des Affaires Etrangères. CIRAD-GRET, 878 p.
- Memento de l'Agronome, 1998.- Ministères des Affaires Etrangères. 4^{ème} édition, 1523 p.
- Memento de l'Agronome, 2002.- Ministères des Affaires Etrangères. Edition Quae, 1646 p.
- Memento de l'Agronome, 2012.- Ministères des Affaires Etrangères. CIRAD-GRET, 1642 p.
- Mestries E., Deasanlis M., Seassau C., Moïnard J., Debaeke P. & Dechamp G., 2011.- Impact de la conduite de la culture sur les maladies du tournesol. *Innovations agronomiques* 14, 164 p.
- MINAGRIE (Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage), 2008.- Stratégie Agricole Nationale. Bujumbura, 110 p.
- Muhitira V., 1996.- Essais comparatives des cultivars d'*Helianthus annuus* dans la région de Bututsi. U.B. Mémoire, 55 p.
- Ngomirakiza J.B., 2006.- Perspectives du développement de la culture du tournesol en Commune de Kirundo. U.B. Mémoire, 63 p.
- Nimubona L., 1994.- Perspectives d'*Helianthus annuus* (tournesol) comme plante oléagineuse dans la région Naturelle de Bututsi. U.B. Mémoire, 106 p.
- Nyabyenda P. 2007.- Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: culture industrielle et d'exportation, cultures fruitières, cultures maraîchères, Presse Agronomique de Gembloux, 238 p.
- Pesson P. & Louveaux J., 1984.- Pollinisation et Productions végétales. Edition Quae, 663 p.
- Prota, 2007.- Les oléagineux, Amazon France, 260 p.
- Romain H., 2001.- Agriculture en Afrique tropicale. DGCI, 1598 p.
- Rosier F. & Parmentier A.A., 1809.- Nouveau cours complet d'Agriculture théorique et pratique ou dictionnaire raisonné et universel d'agriculture. Institut de France section d'agriculture, 616 p.
- Vallée C. & Bilodeau G., 1999.- Les techniques des cultures en multi cellules, Presse université Laval, 394 p.
- Weiss E.A., 1983. - Oil seed crops tropical (tropical agriculture series). Longman, London and New York, 639 p.