



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation de l'aptitude à la levée sur divers substrats et effet de la fertilisation organo-minérale sur la croissance des plants de *Artemisia annua* L au Burkina Faso

Adama Pascal KIHINDO*, Badiel BADOUA, Edmond DONDASSE,
Ahmed TRAORE et Gérard ZOMBRE

Département de Biologie et Physiologie Végétale, Université Joseph KI-ZERBO, Laboratoire BIOSCIENCES,
Equipe d'écophysiologie végétale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

*Auteur correspondant ; E-mail : kihindoadamapascal@gmail.com; Téléphone : (+226)76044500/
(+226)78300908

Received: 20-08-2023

Accepted: 21-11-2023

Published: 31-12-2023

RESUME

Artemisia annua L. est une plante annuelle d'origine chinoise cultivée principalement pour ses vertus antipaludiques. Cependant, la production de la biomasse est déficitaire par rapport à la demande nationale. La présente étude a été menée dans le but de déterminer les meilleures conditions de culture d'*Artemisia annua* L. pour la croissance des plants de l'espèce au Burkina Faso. Ainsi, différents traitements ont été appliqués sur les graines (ébullition), sur le substrat de culture (ébullition, ensoleillement) et le mode de semis. Les résultats obtenus ont montré que les graines non ébullitionnées semées en ligne sur substrat ébullitionné ont donné un nombre maximum de levée des plants. Également, la biomasse et la hauteur moyenne des plantes obtenues avec le compost, le bokashi et le NPK étaient respectivement de 22,4 g et 95±0,11 cm ; 14,4 g et 100±0,11 cm ; 16,26 g et 93±0,11 cm montrant ainsi une meilleure production de biomasse foliaires avec le compost. Pour la transpiration, les résultats obtenus ont montré qu'en présence de compost, du NPK ou du bokashi, les plantes transpiraient le plus (soient 0,1kg d'eau perdue en moyenne par heure). Au regard de ces résultats, le semi de graines sur un substrat préalablement ébullitionné améliore la levée des plants et l'utilisation du compost améliore la croissance voire la production des feuilles des plants.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Artemisia annua*, ensoleillement, ébullition, fertilisant, transpiration, biomasse

Evaluation of the ability to emerge on various substrates and effect of organo-mineral fertilization of *Artemisia annua* L plants growth in Burkina Faso

ABSTRACT

Artemisia annua L. is an annual plant of Chinese origin cultivated mainly for its antimalarial properties. However, biomass production is insufficient to meet national demand. The present study was conducted to determine the best conditions for growing *Artemisia annua* L. plants in Burkina Faso. Thus, different treatments were applied to the seeds (scalding), the growing medium (scalding, sunlight) and the sowing method. The results obtained showed that non-scalded seeds sown in rows on scalded substrate gave a maximum number of seedling emergence. Also, the average biomass and height of plants obtained with compost, bokashi and NPK as substrates

were 22.4 g and 95±0.11 cm ; 14.4 g and 100±0.11 cm ; 16.26 g and 93±0.11 cm, respectively, showing a better production of leaf biomass with compost. For transpiration, the results obtained showed that in the presence of compost, NPK or bokashi, the plants transpired the most (i.e. 0.1 kg of water lost on average per hour). In view of these results, semi-sowing seeds on a previously scalded substrate improves the emergence of the plants and the use of compost improves the growth and even the production of the leaves of the plants.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords : *Artemisia annua*, sunlight, scalding, fertiliser, transpiration, biomass.

INTRODUCTION

Artemisia (*Artemisia annua* L.) est une herbe aromatique largement répandue dans les régions tempérées et subtropicales fraîches du monde. Elle est cultivée sur de grande superficie dans de nombreux pays comme la Chine, le Kenya, la République unie de la Chine, la Tanzanie et du Vietnam (Smitha et al., 2014). C'est une plante beaucoup utilisée pour lutter contre le paludisme grâce à la molécule artémisinine isolée et caractérisée comme le principe actif à effet antipaludéen de la plante. En effet, le paludisme est une maladie parasitaire mortelle transmise par la piqûre d'un moustique qui provoque entre 300 et 500 millions de cas de maladie et entraîne le décès de plus d'un million d'enfants (Onimus et al., 2015 ; OMS, 2022). En Afrique subsaharienne, près de 3 000 enfants de moins de cinq ans en meurent chaque jour (UNICEF, 2004). Au Burkina Faso, plus de 3,5 millions de cas de paludisme ont été enregistré dont 1002 décès (FAO, 2018).

Depuis 2001, le traitement le plus efficace recommandé par l'OMS pour lutter contre le paludisme est une polythérapie à base d'artémisinine (Aftab et al., 2014). De nos jours, l'artémisinine est une composante principale des médicaments pharmaceutiques notamment l'Artefan et le Coartem. D'autre part, la plante *Artemisia* est très efficace en tant que tisane car elle possède toutes les composantes du médicament moderne contre le paludisme. Ainsi, au Burkina Faso, elle est souvent vendue sous forme de tisane bio sur le marché des médicaments à base de plantes. Toutefois, la production de la plante est déficitaire par rapport à la demande au Burkina Faso. Une production à grande échelle de cette plante exotique est donc nécessaire pour lutter efficacement contre le paludisme et réduire son incidence. D'où la nécessité de faire des tests

de germination et de croissance afin d'assurer une grande production sur le plan national. La présente étude s'est inscrite dans ce contexte avec pour objectif général de développer une méthode de production efficace de conduite de culture qui permet un bon développement végétatif.

MATERIEL ET METHODES

Sites d'étude

Les essais sur la germination et la croissance se sont déroulés au sein de la serre de l'Université Joseph KI-ZERBO de Ouagadougou. Le site a pour coordonnées géographiques 1°29 de longitude Ouest et 12°22 de latitude Nord avec une altitude de 303 m (Figure 3).

Matériel

Le matériel végétal était constitué d'une variété *Artemisia annua* L. fourni par l'association agroécologique « *Beo nèéré* ». Elle est la variété la plus utilisée car sa teneur en artémisinine est beaucoup plus importante que celle des autres espèces.

Méthodes

Cette étude a été menée entre juillet et décembre 2022 au sein de la serre de l'Université Joseph KI-ZERBO de Ouagadougou en condition naturelle d'éclairage, de température et d'hygrométrie.

Essai de germination à la pépinière

Avant la mise en pépinière, les deux sachets de 5 g chacun contenant les graines de *Artemisia annua* L. ont subi deux traitements : celles qui ont été ébouillantées et celles non ébouillantées.

- Pour le premier sachet, trois cuillerées à café de la semence ont été versées dans de

l'eau distillée portée à ébullition pendant 45mn, puis laissée enfermer dans un bocal pendant 24 h. A l'issue de ces 24 h, les graines ébouillantées ont été mises à sécher (Onimus et al., 2015).

- Pour le deuxième sachet, nous avons utilisé également trois cuillérées à café de la semence mais cette fois-ci les graines n'ont pas été traitées.

A la veille des semis, les graines traitées (ébouillantées) après séchage et celles non traitées ont été chacune mélangées avec trente cuillérées de sable préalablement tamisé (soit une cuillérée de la semence pour dix cuillérées de sable) et une cuillérée de cendre.

Le poids total du mélange mis dans un capuchon de bidon d'eau minérale est de 12 g.

La pré-pépinière d'*Artemisia annua* L. a été réalisée dans des bacs (germoir) de 40 cm de longueur et 25 cm de largeur. Au cours de cette étape, les substrats ont subi différents traitements avant le début de l'essai à la germination pour éliminer toutes les graines de mauvaises herbes de détruire les agents pathogènes (les bactéries, les champignons). Trois types de traitement ont été adoptés :

- Traitement T0 qui est le témoin n'a subi aucun traitement ;

- Traitement T1 : 04 bacs sur les 10 étaient recouverts par un sachet plastique noir et exposés au soleil toute la journée pendant une semaine juste avant les semis ;

- Traitement T2 s'est réalisé à l'eau bouillante et au cours de cette manipulation 04 autres bacs étaient utilisés. En effet, 24h avant les semis, de l'eau portée à ébullition a été versée sur le substrat des différents bacs.

Les graines ébouillantées et celles non ébouillantées ont été semées en ligne sur les substrats témoin, ébouillanté et ensoleillé.

Un autre lot de graines ébouillantées et celles non ébouillantées ont été semées à la volée sur les substrats témoin, ébouillanté et ensoleillé.

Le dispositif expérimental utilisé pour le test de germination illustré par la Figure 1, est un dispositif en split-plot avec 3 facteurs : un facteur primaire (variété à 2 modalités), un facteur secondaire (substrat à 3 modalités) et un facteur tertiaire (type de semis à 2 modalités).

Culture dans les pots plastiques

Après un séjour de quatre semaines en pépinière, les plants sont transférés dans des pots en plastique. Pour se faire cinq types de fertilisants ont été utilisés. Les types de fertilisants utilisés pour la fertilisation organo-minérale étaient le compost (F1) constitué par un mélange de 3 kg de sol argileux ferrallitique avec 1 kg de compost, le bokashi ou matière organique fermentée (F2) constitué par un mélange de 1,5 kg de bokashi et 3 kg de sol argileux ferrallitique, la fumure organique (F3) constitué par un mélange de 1 kg de fumure organique et 3 kg de sol argileux ferrallitique, le NPK (F4) de composition 23-10-5 et les microorganismes efficaces (EM) (F5).

Le dispositif utilisé pour la croissance dans les pots était un dispositif en blocs complets randomisés à 3 répétitions (Figure 2). Chaque bloc est constitué de six lignes comportant trois pots chacune. L'unité expérimentale est constituée de 3 pots. Cinquante-quatre ($54=6 \times 3 \times 3$) pots ont été utilisés au total.

Après trois mois passés dans les pots, des prélèvements sont effectués pour déterminer la transpiration et la biomasse totale en fonction des différents fertilisants.

La transpiration a été mesurée toutes les heures entre 7 h et 18 h à partir des pertes de poids, de l'ensemble sol plus plante. La transpiration a été déterminée à partir du 98^{ème} JAS par la différence de perte de poids. Les pertes de poids des pots sont déterminées par la différence entre le poids d'un pot au temps T1 et son poids au temps T2. La durée entre T1 et T2 était d'une heure. Les pesées des pots ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique de marque Sartorius de précision 0,001g.

Analyses des données

Les données ont été saisies sur le tableur Excel (version 2016). Les courbes et histogrammes ont été également réalisés à l'aide de ce tableur. Une analyse de variance avec le test de Newman-Keuls au seuil de 5% des différents paramètres étudiés ainsi que les comparaisons de moyennes des variétés étudiées ont été faites à l'aide du logiciel XLSTAT 2016.



Figure 1 : Dispositif en Split-plot de l'essai à la germination.

Légende : GB : graine ébouillantée ; GNB : graine non ébouillantée ; SI : substrat insolé ; SB : substrat ébouillantée ; SNT : substrat non traité ; L : semis en ligne ; V : semis à la volée

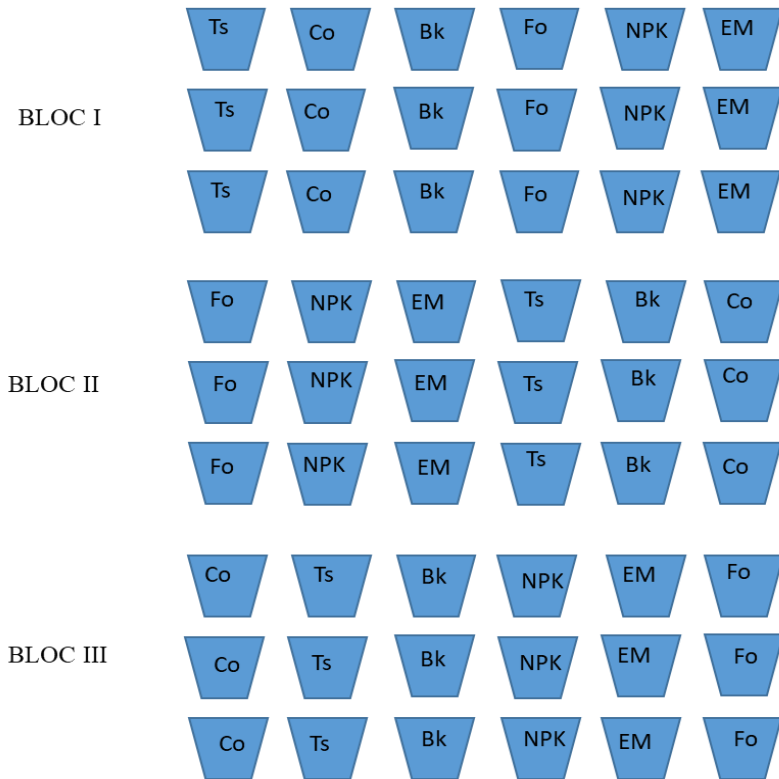


Figure 2 : Dispositif en randomisation totale.

Légende : Ts : terre simple ; Co : compost ; Bk : bokashi ; Fo : fumure organique ; EM : engrais minéral

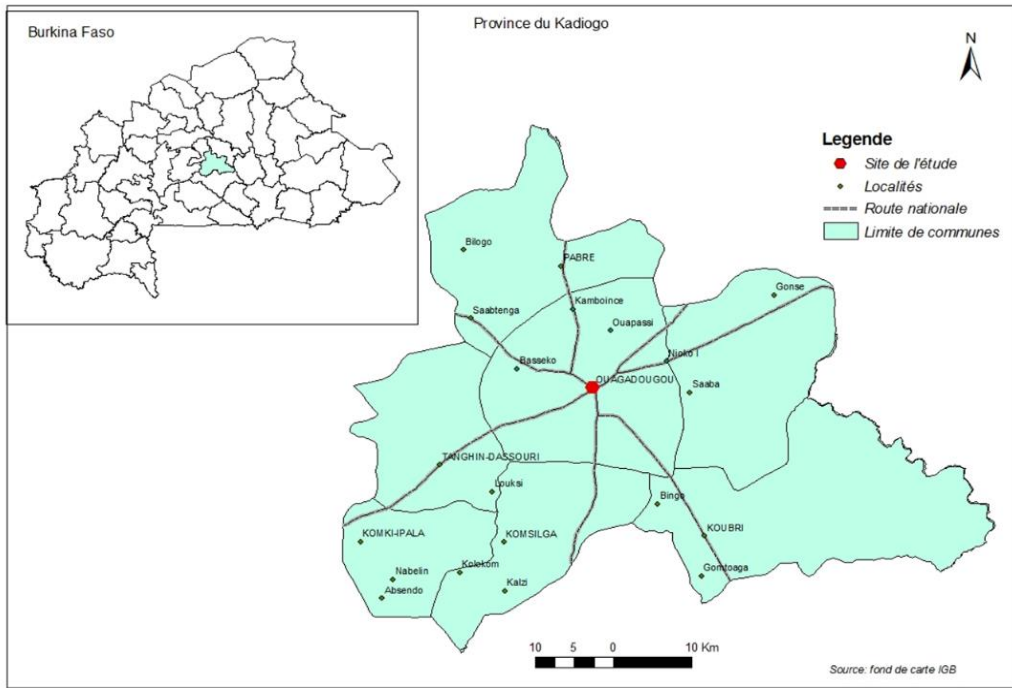


Figure 3 : Localisation du site d'étude.

RESULTATS

Analyse physico-chimique des sols

Les résultats des analyses chimiques du sol montrent que le site d'étude présente un sol dont le pH est très proche de la neutralité (Tableau 1). Il est relativement pauvre en matière organique (MO), en carbone (C), en azote (N), en potassium (K) disponible, en phosphore (P) assimilable (Tableau 2).

Germination, croissance et développement

Germination dans les germoirs

Les prétraitements du sol de semis à l'eau chaude ou non, ont révélé que les substrats ébouillantés ont donné un nombre de graines germées plus important que les autres types de substrats (insolés et témoins). La Figure 4 montre qu'il y a une différence très hautement significative ($p < 0.0001$) entre les substrats ébouillantés et les autres substrats.

La germination a débuté au troisième jour après semis et s'est poursuivie jusqu'à vingt-cinq jours après semis (JAS). Le nombre de graines germées par rapport à ces deux traitements a révélé que les semences qui n'ont

pas subi le traitement à l'eau chaude ont eu les meilleurs résultats que celles ayant subi le traitement.

Les graines ont été semées soit à la volée soit en ligne. Les valeurs les plus importantes ont été observées au niveau des semis en ligne avec 586 graines germées contre 466 graines germées pour les semis à la volée (Figure 5).

Croissance et développement dans les pots

Hauteur des plants

La Figure 6 ci-dessous est celui de la hauteur moyenne de plantes par semaine et par type de fertilisant. A la première semaine, la taille moyenne des plantes n'était pas significative comparée au témoin. Au fil des semaines, les plantes traitées avec le bokashi ont atteint une hauteur moyenne très significative par rapport aux plantes des autres types de fertilisants. Le compost, le NPK et le EM ont des moyennes qui ne sont pas significativement différentes avec respectivement ($95 \pm 2,33$) cm, ($93 \pm 2,33$) cm et ($91 \pm 2,33$) cm. La fertilisation des plantes avec la Fo et le témoin ont enregistré les plus

faibles hauteurs avec respectivement ($64 \pm 2,33$) cm et ($81 \pm 2,33$) cm.

Nombre de feuilles et transpiration foliaire

Le Tableau 3 ci-dessous représente le nombre moyen de feuilles par plantes et par amendement. Le comptage des feuilles par plante et par type de fertilisant nous permet de constater que les plantes traitées avec le EM et le compost ont donné les valeurs les plus importantes en terme du nombre de feuilles avec respectivement ($110 \pm 0,5$ feuilles) et ($109 \pm 0,57$ feuilles). Ensuite suivent le bokashi avec une moyenne de 89 feuilles et le NPK ($86 \pm 1,25$ feuilles). Les plantes traitées par la Fo et celles du témoin (Ts) ont développé moins de feuilles avec respectivement en moyenne (65 à 70 feuilles). Les valeurs moyennes de la transpiration ont été enregistrées entre 6h et 18h et pour obtenir la transpiration, une différence de masse est faite par intervalle de temps (transpiration = $m_1 - m_2$). La transpiration enregistrée montre (Tableau 3)

une différence significative avec le traitement par le compost (0,134 kg ou 134 g d'eau perdue par heure). Le NPK (98 g/h) et le Bokashi (96 g/h) sont dans la même classe et n'ont pas une différence significative entre les moyennes. Les plantes ayant reçues la Fo et le témoin ont enregistré les moyennes de transpiration les plus basses avec respectivement (29 g/h) et (36 g/h).

Biomasse sèche totale

50 jours passés après semis, les plantes ont été dépotées puis sectionnées au niveau du collet afin d'isoler la partie aérienne des racines avant séchage. Après un séjour de 24 h à l'étuve (80°), le poids sec des racines, de la partie aérienne et de la biomasse totale sèche ont été mesuré. Pour ces trois paramètres de croissance, ce sont les plantes fertilisées avec le compost qui ont eu le plus grand poids sec (Tableau 4), suivi respectivement des plantes fertilisées avec le NPK, le bokashi et le EM.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques du sol et des fertilisants.

	MO.totale (%)	C.total (%)	N total (%)	C/N	P assimilable (%)	K assimilable (%)	pH eau
Sol	0,841	0,488	0,041	12	6,08	35,73	7,59
EM	45,4		2		2,5	0,9	
Compost	53,22	30,87	1,81	17	2,57	2,56	7,71
Fo		25,84	1,36	19	1,32	1,47	
Bokashi	44,53	26,83	1,70	15	1,18	1,59	
NPK			14		23	14	

Bureau national des sols (BUNASOL ; 2022)

Légende : MO. : matière organique ; EM : engrais minéral Fo : fumure organique

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques initiales de l'horizon superficiel (0-10 cm) du sol de culture.

Sables	Limons	Argiles	Carbone organique	Azote total	pH eau	Somme des bases échangeables	CEC
68,8%	20,3%	10,9%	3,0g.kg ⁻¹	0,2g.kg ⁻¹	5,3	1,52cmol.kg ⁻¹	<2cmol.kg ⁻¹

Source : Unité Mixte de Recherche Ecologie bio géochimie des Sols (UMR Eco & Sols) de l'IRD (Burkina Faso).

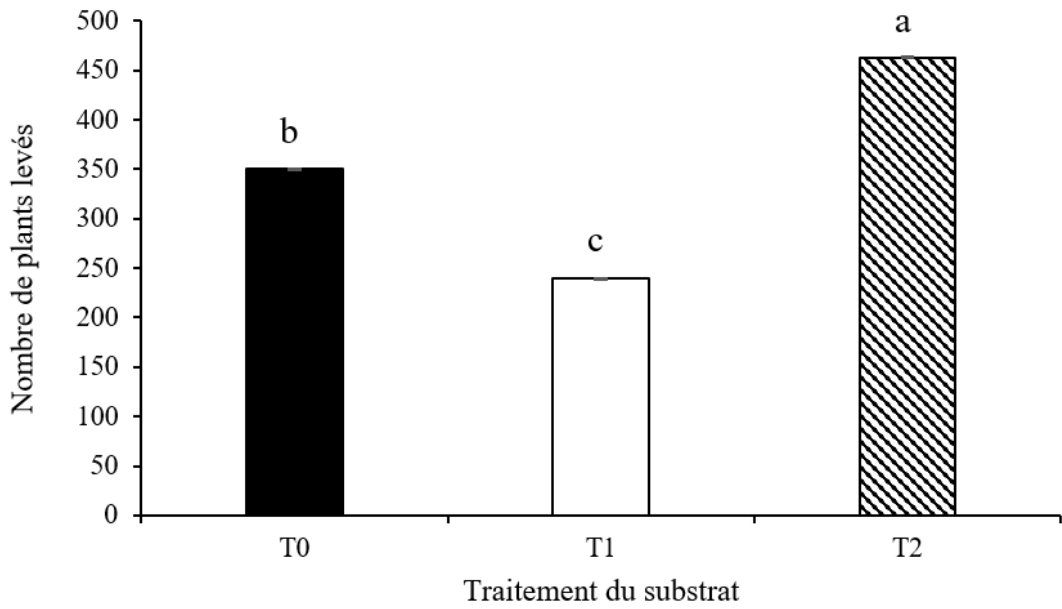


Figure 4 : Nombre de plants levés en fonction du traitement du substrat.
Légende : T0 : substrats non ébouillantés ; T1 : substrats ensoleillés ; T2 : substrats ébouillantés.

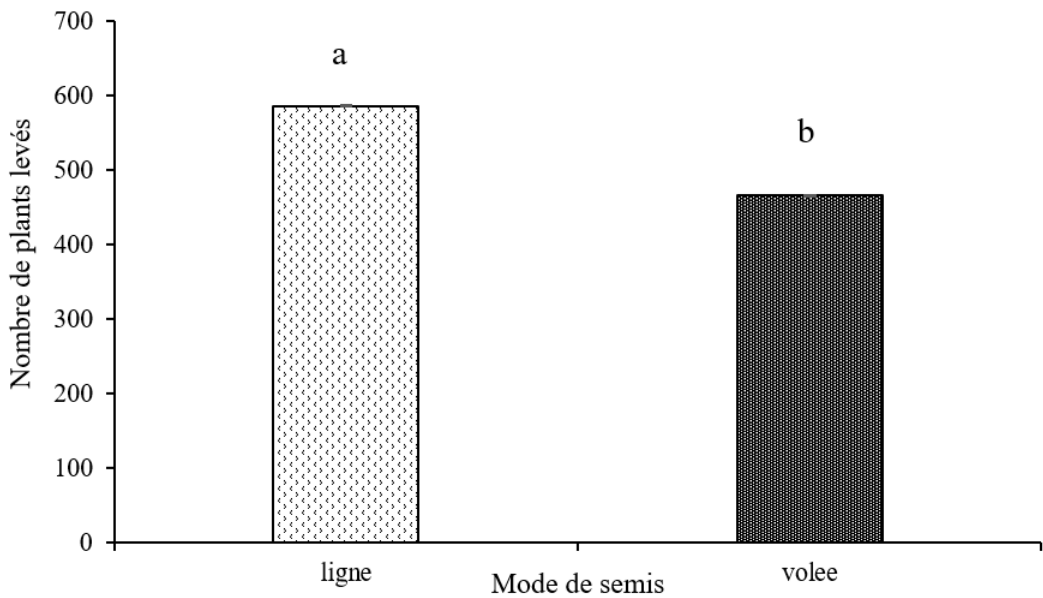


Figure 5 : Nombre de plants levés en fonction du mode de semis.

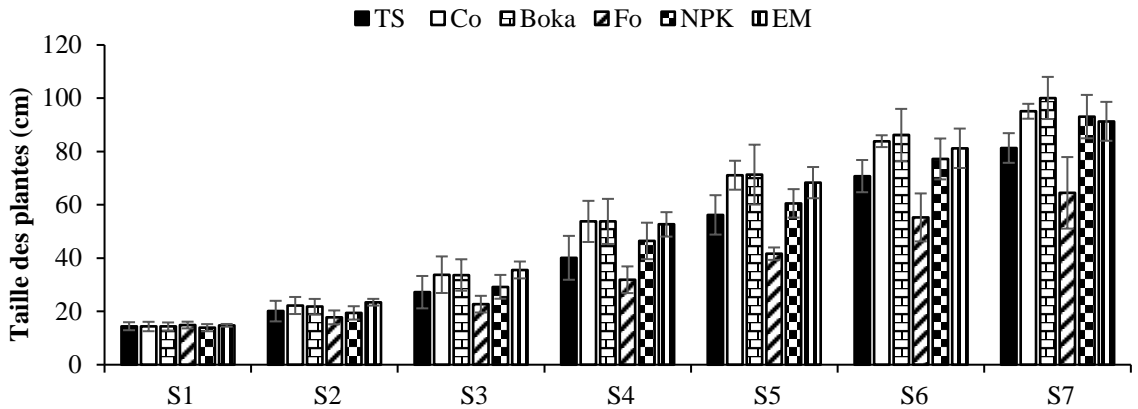


Figure 6 : Evolution de la taille plantes par semaine en fonction des fertilisants.

Légende : S1 : première semaine, S2 : deuxième semaine, S3 : troisième semaine, S4 : quatrième semaine, S5 : cinquième semaine, S6 : sixième semaine, S7 : septième semaine

TS : sol témoin, Co : plantes amendées par le compost, Boka : plantes amendées par le bokashi, Fo : plantes amendées par la fumure organique, NPK : plantes amendées par le NPK, EM : plantes amendées par l'EM.

Tableau 3 : Moyenne de nombre de feuilles et de transpiration selon le type de fertilisant.

Type de fertilisants	Nombre de feuilles	Transpiration (g/h)
EM	110±0,5 ^a	0,084 ^{ab}
C	109±0,57 ^{ab}	0,134 ^a
B	89±1 ^b	0,096 ^a
NPK	86±1,25 ^c	0,098 ^a
TS	70±0,76 ^d	0,036 ^b
FO	65±1,32 ^e	0,029 ^b
p	<0,0001	<0,0001

Légende : TS : sol témoin, C : plantes amendées par le compost, B : plantes amendées par le bokashi, FO : plantes amendées par la fumure organique, NPK : plantes amendées par le NPK, EM : plantes amendées par l'EM, les valeurs suivies par une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ; p : probabilité.

Tableau 4 : Poids sec de la partie racinaire, poids sec de la partie aérienne et biomasse totale selon le type de fertilisant.

Type de fertilisants	Poids sec partie racinaire (g)	Poids sec partie aérienne (g)	Biomasse totale (g)
C	3,589 a	18,820 a	22,409 a
NPK	2,653 ab	13,614 b	16,268 b
B	2,406 ab	11,994 b	14,400 b
EM	1,769 ab	9,810 b	11,579 b
TS	0,953 b	3,990 c	4,943 c
FO	0,499 b	3,708 c	4,207 c
Pr > F	0,000	0,000	0,000
Significatif	Oui	Oui	Oui

Légende : TS : sol témoin, C : plantes amendées par le compost, B : plantes amendées par le bokashi, FO : plantes amendées par la fumure organique, NPK : plantes amendées par le NPK, EM : plantes amendées par l'EM. Les valeurs suivies par une même lettre dans une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ; p : probabilité.

DISCUSSION

L'essai sur la levée des plants d'*Artemisia annua* L. dans les différents types de germeoir a montré que les substrats ébouillantés ont permis d'obtenir un nombre élevé de graines germées par rapport aux substrats ensoleillés et témoin. Le résultat obtenu pourrait s'expliquer par le fait que l'eau chaude a détruit les graines des mauvaises herbes et autres pathogènes présents dans le sol ce qui a facilité la germination. Les substrats ensoleillés ont eu le plus faible nombre de graines germées. Cela est dû à la présence élevée de mauvaises herbes, occasionné par la température élevée du substrat ensoleillés. Selon Leblanc et al., (1998), la température joue un rôle important dans le processus d'initiation de la germination des mauvaises herbes. En zone tempérée, la levée de plant peut être associée à l'augmentation de la température du sol. Côme (1975), a aussi constaté que la température a une grande influence sur la vitesse des réactions chimiques, et que la germination des mauvaises herbes est stimulée par une augmentation de température. Les semis réalisés en ligne avaient un nombre de graines germées plus élevé que les semis à la volée. Ceci serait dû à la forte densité de semis à la volée qui réduit l'espace disponible pour la germination de chaque graine et induit alors des effets de compétition entre graines qui peuvent ralentir leur germination ou même l'inhiber.

Le fait que les graines non ébouillantées aient donné les meilleurs nombres de plants levés entre en contraction avec les résultats de Bambara (2007) et Mounkaïla et al. (2015) montrant que les graines de *Artemisia annua* L. traitées avec de l'eau chaude avaient plus germé que les graines non traitées. La non-conformité des résultats pourrait s'expliquer par le fait que les graines ébouillantées ont été détériorées par la chaleur (100°C) de l'eau chaude. Elisabeth (1979) a constaté également que l'eau bouillante annule complètement la germination de *Aristida mutabilis*.

Les résultats de l'analyse des différents fertilisants montrent qu'ils sont relativement riches en matières organiques. Par contre, les teneurs en éléments minéraux au niveau de la

fumure organique, nous montrent une valeur élevée du rapport C/N qui est de 19. Cependant, plus le rapport C/N est élevé, moins l'azote est rapidement disponible selon Konaté et al. (2016). Cela signifie également, qu'il n'y a pas assez d'azote ou que la minéralisation du carbone se fait lentement. Il n'est restitué au sol qu'une faible quantité d'azote. Fertial et IFC en 2010, ont affirmé que les plantes ont besoin des macro éléments tel que l'azote pour assurer leur développement. Dans notre étude, la fumure organique utilisée présentait un pourcentage faible d'azote, cela a peut-être contribué à réduire la croissance en hauteur et la production en biomasse totale ou peut-être même à entrainer le dessèchement de la plante. Pour l'étude de l'effet des fertilisants sur la croissance des plantes de *Artemisia*, les cinq types d'amendements ont influencé diversement le développement morphologique et la physiologie des plantes. Les moyennes des températures du sol de chaque fertilisant ne sont pas significativement différentes. Néanmoins, d'un point de vue général, les valeurs obtenues ont montré que les sols amendés respectivement par la fumure organique ($33,14 \pm 1,37^\circ\text{C}$) et le compost ($32,46 \pm 1,89^\circ\text{C}$) ont une température plus élevée que le sol témoin non amendé ($29,31 \pm 2,87^\circ\text{C}$). Les sols fertilisés avec le compost ont eu les températures les plus élevées, attestant une forte activité catabolique des microorganismes de la matière organique en éléments nutritifs pour la plante. Somasegaran et Hoben (1994) ont montré également que la température idéale pour le métabolisme optimal des microorganismes du sol (rhizobium) se situe entre $25-30^\circ\text{C}$. L'augmentation de la température du sol autour de leurs racines, favoriserait la croissance et le développement racinaire pour la quête de l'eau (Kihindo, 2011). Ces faits ont été confirmés durant cette étude. En effet, ce sont les plantes fertilisées par le compost (où la température du sol était élevée) qui ont eu un poids sec racinaire élevé. Les racines jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement et donc dans la croissance des plantes. C'est grâce à elles que se fait l'approvisionnement en eau et en éléments minéraux de celle-ci. Les plantes

amendées par le compost, le NPK, le bokashi et l'Engrais Minéral (EM) ont eu également une biomasse racinaire importante. Le témoin et la fumure organique n'ont pas produit assez de biomasse racinaire. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le sol témoin est pauvre en éléments nutritifs. Quant au sol fertilisé à la fumure organique, ce fait s'expliquerait par un dosage inadéquat qui fait de la fumure organique, un facteur limitant à la rhizogénèse. La présence du compost, du NPK, du bokashi et de l'EM favorise la production de biomasse racinaire, permet au système racinaire d'extraire plus d'eau en explorant des surfaces de sol plus importantes. C'est sûrement ce qui a permis aux plantes de ces quatre fertilisants d'être significativement plus hautes et d'avoir plus feuilles que les plantes cultivées sur des sols témoin et amendé par la fumure organique. Diallo et al. (2010) constate que la hauteur des plants de riz augmente lorsqu'ils sont amendés avec la fumure organique. Certaines plantes de ces quatre fertilisants ont atteint une hauteur maximale de 1 mètre ; mais des auteurs comme Hans (2005) et Barrié (2006) ont eu des valeurs plus élevées, respectivement de 2,50 m et 3 m. Cette différence de taille s'expliquerait par nos conditions expérimentales différentes (les plantes ont été cultivées sous serre et dans des pots).

L'extension du système racinaire contribue à l'absorption de l'eau des couches les plus profondes du sol et assure à la plante une transpiration et des échanges gazeux. Ces échanges gazeux ont été peu affectés par la restriction de la surface du sol (car la surface de culture était constituée par des pots de 6 litres) ce qui a peu modifié la photosynthèse.

Lorsqu'une plante transpire, il y a une perte de molécules d'eau et un gain de CO₂ nécessaire à la photosynthèse. Selon Farquhar et al en 1980, Bousba et al (2009), bien que l'ouverture des stomates permette la perte d'eau, elle est la voie de l'assimilation du CO₂ de l'air ambiant nécessaire à la photosynthèse. Par ailleurs, les plantes ont significativement ($P < 0,0001$) plus transpiré pendant les périodes assez chaudes de la journée et ont diminué leur transpiration (fermeture partielle des stomates

correspondant à la « dépression de midi ») durant les périodes les plus chaudes de la journée (entre 12 heures et 13 heures). Darrigan et al. (1991) ont observé également « une dépression de midi » chez la Lierre terrestre lorsque les seuils de transpiration sont atteints lors d'une journée chaude et/ou sèche ce qui permet à la plante d'éviter un stress hydrique. Les plantes amendées par le compost, le NPK, le bokashi et l'EM ont également plus transpiré. Cette forte transpiration de ces plantes est due à leur forte biomasse foliaire. Ce qui serait dû à leur grand nombre de feuilles et de stomates. Ainsi, plus la plante transpirerait plus la plante réaliserait mieux la photosynthèse pour sa croissance. Cette corrélation est confirmée, car les plantes amendées par le compost, le NPK, le bokashi et l'EM ont plus transpiré, ont produit une biomasse sèche importante, utile en médecine la lutte contre le paludisme. Parmi les quatre types de fertilisants (le compost, le NPK, le bokashi et l'EM), c'est le compost, suivi du NPK qui favorisent une meilleure production de biomasse sèche totale. Cela pourrait s'expliquer par les propriétés physico-chimiques que possède le compost. En effet, le compost constitue avec la terre de culture un bon substrat de culture qui a une bonne capacité de rétention d'eau d'arrosage pour l'*Artemisia annua* L. Des substrats de bonne capacité de rétention d'eau, facilement utilisable par les plants en culture sont en mesure de permettre la production 150 kg de feuilles sèches par hectare sur terre ferme (Sounon et al., 2009). Les engrais minéraux tels que le NPK, ont l'avantage de disponibiliser pour la plante, les éléments minéraux le plus rapidement, favorisant ainsi une meilleure production et productivité (Nyembo et al., 2012).

Conclusion

Ce travail révèle qu'*Artemisia annua* L. originaire de la Chine peut s'adapter au climat sahélien du Burkina Faso. Les résultats obtenus pendant l'étude permettent de noter que pour une bonne levée, le substrat ébouillanté, les graines non ébouillantées et semées en ligne sont à considérer. Pour la

phase de croissance et la production de biomasse totale, trois types d'amendement ont donné satisfaction à savoir le compost, le bokashi et le NPK. Ces résultats nous permettrons de développer un itinéraire de production en grande quantité de cette plante et de mieux l'adapté à nos réalités climatiques afin de lutter contre le paludisme.

CONFLIT D'INTERETS

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

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans le cadre de cette étude, APK a élaboré le protocole de recherche, dirigé les différentes activités et aussi rédigé le manuscrit. BB et ED ont participé rédaction, à la relecture et apporté des suggestions dans l'amélioration du manuscrit. AT a participé aux travaux sur le terrain, à la collecte des données et la rédaction du manuscrit. GZ a participé à la relecture et à la validation du manuscrit.

REFERENCES

- Aftab T, Jorge FS, Ferreira M, Khan MA, Naeem M. 2014. *Artemisia annua* L. - *Pharmacology and Biotechnology*. Springer: Berlin, Heidelberg; 288p.
- Bambara M. 2007. Essai d'adaptation de *Artemisia annua* L. (Asteraceae) au climat soudanien : germination, suivi de la croissance et évaluation de la biomasse et de la concentration en artemisinine, mémoire de DEA Département de sciences pharmaceutiques, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 53p.
- Barrié P. 2006. L'*Artemisia annua* L. ou comment lutter contre le paludisme. Source: <http://www.acp-paludisme.com>.
- Bousba R, Ykhlef N, Djekoun A. 2009. Water use efficiency and flag leaf Photosynthetic in response to Water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences*; **5**: 609-616.
- Côme D. 1975. Acquisition de l'aptitude à germer. In *La Germination des Semences*, Chaussat R, Le Deunff Y (eds). Gauthier-Villars éditeur : Bordas, Paris ; 60-70.
- Darrigan JM, Turck M. 1991. Étude expérimentale de la transpiration des végétaux. L'informatique scientifique dans l'enseignement de la biologie et de la géologie au lycée, INRP : pp181-183.
- Diallo D, Tamini Z, Barry B, Faya AO. 2010. Effet de la fumure organique sur la croissance et le rendement du riz Nerica (WAB 450 IBP 28HB) à Faranah. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **4**(6) : 2017-2025.
- Elisabeth L. 1979. Etude expérimentale des propriétés germinatives de quelques semences sahéliennes, ORSTOM, 65p.
- FAO. 2018 : Lutte contre le paludisme au Burkina Faso. <https://www.afro.who.int/fr/news/lutte-contre-le-paludisme-au-burkina-faso-lancement-de-la-campagne-2018-de-chimio-prevention#:~:text=En%20effet%2C%20Selon%20le%20Bulletin,p%3%A9riode%20de%20mai%20C3%A0%20octobre>
- Farquhar GD, Von CS, Berry JA. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. *Planta*, **149**: 78-90.
- FERTIAL (les fertilisants d'Algérie) et IFC. 2017. Manuel utilisation des engrais : 128p.
- Hans M. 2005. *Artemisia annua* L anamed : Malaria et la Médecine Naturelle. Publication Anamed : Nr 203 (7-aa-fra), Allemagne, 43p.
- Kihindo AP 2011. Effets de six types de composts sur les réponses morphologiques, physiologiques, biochimiques et agronomiques du niébé (*Vigna unguiculata* L. walp.var. kvx 61.1) au déficit hydrique pendant la période froide. D.E.A, Université de Ouagadougou, 91 p.
- Konaté B, Nana R, Nanema SL, Badiel B, Sawadogo M, Tamini Z. 2016. Réponse morphophysio-logique du gombo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] soumis à la biofertilisation et à des stress hydriques. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **10**(5): 2108-2122.

- Leblanc M, Cloutier D, Leroux G, Hamel C. 1998. Facteurs impliqués dans la levée des mauvaises herbes au champ. *Phytoprotection*, **79**(3) : 111-127. DOI : <https://doi.org/10.7202/706140ar>
- Mounkaila S, Soukeradji B, Abbdoulaye A, Mahamane A, Ikhiri K, Morou B, Karim S. 2015. Essai de germination et de croissance de *Artemisia annua* L. au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(1): 108-120. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.11>
- Nyembo KL, Useni SY, Mpundu MM, Bugeme MD, Kasongo LE, Baboy LL. 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.
- OMS. 2022. Messages principaux : Rapport 2022 sur le paludisme dans le monde. 21p.
- Onimus M, Vouillot JM, Clerc G. 2015. L'*Artemisia annua* : un « tout » contre le paludisme. Projet de production locale et de traitement dans les pays les plus pauvres. 37p.
- Smitha GR, Thania SV, Manivel P. 2014. Cultivation of *Artemisia (Artemisia annua* Linn.). ICAR-Directorate of Medicinal and Aromatic Plants Research, Boriavi, Anandd 387 310, Gujarat, India., 1-15
- Somasegaran P, Hoben HJ. 1994. The handbook for rhizobia: methods in legume-rhizobia technology. In *Tropical Soil Biology and Fertility*, Bationo A, Waswa B, Kihara J, Kimetu J (Eds). Springer verlag: New York. 450p.
- Sounon M, Glèlè Kakai GR, Avakoudjo J, Assogbadjo AE, Sinsin B. 2009. Tests de germination et de croissance de *Artemisia annua* L. anamed sur différents substrats au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3**(2) : 337-346.
- UNICEF. 2004 : le paludisme : une des principales causes de décès et de pauvreté des enfants en Afrique. https://www.unicef.org/french/publications/files/5296_FR.pdf