



Original Paper

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

Essai de germination et de croissance de *Artemisia annua* L. au Niger

Soumaila MOUNKAILA^{1*}, Barmou SOUKERADJI², Alassane ABDOULAYE³,
Ali MAHAMANE^{1,4}, Kalid IKHIRI³, Boube MOROU⁴ et Saley KARIM⁴

¹Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de Biologie, Laboratoire Garba Mounkaila, BP 10662, Niamey, Niger.

²Institut National des Recherches Agronomiques du Niger.

³Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques,
Département de Chimie, BP 10662, Niamey, Niger.

⁴Université de Maradi, BP 465 Maradi, Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail: soummo2@yahoo.fr

RESUME

L'essai a été conduit à la pépinière de l'INRAN de Niamey et à la cuvette de l'INRAN de Kollo, et a porté sur la germination, croissance, développement de *Artemisia annua* (l'hybride F2 et M), plante qui a des vertus anti-paludique. Cette étude a pour objectif d'évaluer les meilleures conditions de culture de *artemisia annua* et le meilleur substrat pour son adaptation. Le Niger, pays d'endémie du paludisme, maladie qui constitue la première cause de morbidité et de mortalité. Face à cette menace, les autorités ont opté pour l'utilisation des dérivés d'artémisinine comme molécule de choix dans la prise en charge du paludisme comme l'a recommandé l'OMS. Les tests de la levée en pépinière ont été effectués dans un bac à semis et un germeoir en planche. Les plants ont été repiqués après levée dans des pots avec trois types de substrats (substrat dunaire, substrat de bas fond et substrat de sable du fleuve) afin de déterminer le meilleur substrat pour la culture de la plante en pépinière. Il ressort des résultats obtenus que le substrat de bas fond offre les meilleurs valeurs pour la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles que les substrats dunaire et du fleuve. Les plants ont été transférés sur le site de Kollo et transplantés sur terre ferme. Pour la biomasse c'est la variété F2 qui a enregistré les meilleurs rendements même si au niveau de la hauteur, elle enregistre les plus basses comparativement à la variété M. Cette étude a montrée que *Artemisia annua* peut s'adapter au Niger et son introduction offre à la population un moyen supplémentaire de lutte contre le paludisme.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Artemisia annua*, artemisinine, paludisme, Niger.

INTRODUCTION

Le paludisme demeure l'une des maladies les plus prévalentes du monde tropical. Avec 200 millions à 450 millions de cas d'infection par an dans le monde, elle cause jusqu'à 2,7 millions de décès ; La maladie demeure endémique dans plus de 100 pays tropicaux en développement, et il est essentiel de la maîtriser pour améliorer la santé dans le monde (Muriuki, 2006). Au Niger, le paludisme est la première cause de

morbidité et de mortalité avec un taux de 33,45% et 68,51% respectivement. Il est la principale cause de mortalité chez les enfants de 1 à 4 ans avec 59,97% (Annuaire des statistiques sanitaire du Niger, 2008). C'est donc un véritable problème de santé publique. Le paludisme est responsable de pertes économiques substantielles particulièrement dans le milieu rural et constitue un frein important au développement économique et humain. Le pays est classé parmi les plus

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.11>

pauvres du monde, ce qui rend difficile l'accès aux soins par les populations qui ont recours à la pharmacopée traditionnelle. Selon l'OMS (2002), 80% de la population africaine utilisent la Médecine Traditionnelle à base des plantes médicinales dans les soins de santé primaire. En plus, il faut noter la non maîtrise du dosage pour le traitement des maladies. Par ailleurs, le plasmodium a développé aussi une résistance vis-à-vis du traitement administré aux malades du paludisme.

L'artémisinine est une molécule naturelle très active contre le paludisme. L'extraction de cette molécule des feuilles de la plante *Artemisia annua* reste la seule méthode viable pour produire de grande quantité d'artémisinine à bas prix (Quennoz 2010). Des 400 espèces de *Artemisia*, *Artemisia annua* est la seule source d'artémisinine. C'est une plante annuelle, originaire de la Chine et appartenant à la famille des Astéracées et à l'ordre des Astérales. Elle occupe naturellement les steppes dans la partie Nord des provinces Chinoises du Chahar et Suiyuan, à 1000-1500 m du niveau de la mer (Wang, 1961 cité par Ferreira, 2005). Elle se développe en Europe du centre, de l'est et du sud, et dans le nord, le centre et l'est de l'Asie, mais aussi dans les régions méditerranéennes et en Afrique du nord, et le sud et sud-ouest de l'Asie (WHO, 2006).

Dans l'antiquité, les plantes du genre *Artemisia* étaient utilisées pour soigner les douleurs lors des accouchements et le contrôle des périodes menstruelles chez la femme (Riddle et Estes, 1992 cité par Ferreira, 2005). Les vertus médicinales de la plante sont connues depuis très longtemps en Chine. Les feuilles de *Artemisia annua* ont des propriétés antiseptiques, digestives et fébrifuges. Les feuilles sont traditionnellement utilisées pour traiter la fièvre, les rhumes et les diarrhées (Endrias 2006). *Artemisia annua* L. était utilisée aussi dans la médecine traditionnelle chinoise il ya plus de 2000 ans contre les maladies y compris le paludisme (WHO, 2006).

Le but de cette étude était de tester l'adaptabilité de cette espèce au Niger. Elle visait à évaluer la capacité germinative de *Artemisia annua* (M et hybride F2), évaluer le potentiel adaptatif des plants issus de M et hybride F2 et évaluer l'influence de l'apport

de la fumure et de l'arrosage sur la croissance, le développement et le rendement de la biomasse.

MATERIEL ET METHODES

Sites d'étude

L'essai de germination et de croissance en pépinière a été conduit à la pépinière de la direction de l'INRAN de Niamey (Figure 1). La ville de Niamey est située à 13°31' de latitude Nord et 2°26' de longitude Est. Elle est construite sur deux plateaux surplombant le fleuve Niger, à 218 m d'altitude. Le site est situé dans la communauté urbaine de Niamey, au quartier Yantalla Bas (commune I) sur la rive gauche du fleuve Niger. Le climat de la localité est de type sahélien caractérisé par une saison pluvieuse et une saison sèche plus longue que la précédente, avec une pluviométrie variant de 500 à 750 mm par an. La pluviométrie annuelle pendant l'expérimentation est de 650 mm. La température maximale moyenne mensuelle pendant l'expérimentation est de 37,71 °C pour une température minimale de 23, 47 °C tandis que l'humidité maximale la plus élevée est enregistrée dans le mois d'août avec 91%, pour un minimum de 54%. L'insolation est de 6,6 ; 7,0 ; 6,1 et 8,5 heures pour les mois de juin, juillet, août et septembre respectivement.

Le site de la plantation est situé dans la cuvette de Kollo (Figure 1), entre la latitude 13.3 et la longitude 2.33 pour une altitude moyenne de 160 m, à 30 km de Niamey la capitale. Le sol de ce site est de type argilo-limoneux. Le climat est de type sahélien avec des précipitations variant de 600 à 750 mm.

Matériel

Le matériel végétal était constitué de deux lots de semences de *Artemisia annua* en provenance de la Suisse, produites par Médiplant, centre de recherche sur les plantes médicinales et aromatiques (centres des Fougères). Il s'agit de l'hybride M (5 g) et Artémis F2 (5 g). Trois types de sols de provenances différentes ont été utilisés comme substrat : sol de fleuve, sol dunaire de champs et sol de bas fond de cuvette. Le matériel technique est constitué d'un germoir en planche long de 70 cm et large de 55 cm (qui est divisé en compartiments long de 70 cm et large de 4 cm), de deux bacs à semis en

matériaux définitifs (longueur 150 cm, largeur 67 cm), d'un pulvérisateur et des arrosoirs.

Méthodes

Cette étude a été menée entre juillet 2010 et janvier 2011.

Essai de germination à la pépinière de l'INRAN de Niamey

Après labour de la parcelle d'expérimentation, du sable fin de fleuve a été mis dans les bacs à semis jusqu'à obtention d'un lit de sable meuble, parfaitement plan et très propre. Au niveau du bac à semis. Aucune herbe ne doit pousser avant le semis. Deux traitements ont été effectués pour les graines. Ainsi, une cuillère de café de chaque semence est versée dans de l'eau chauffée (à 100 °C), puis laissée pendant 24 h. Après ces 24 h, les graines traitées et celles non traitées (une cuillère à café) ont été chacun mélangé avec quatre cuillères de cendre. Ce mélange est versé dans les rigoles des bacs à semis creusées à cet effet avec les doigts. Six rigoles ont été creusées pour chaque variété dont trois pour les graines traitées et trois pour les non traitées. Toutes les variétés utilisées pour l'essai ont été semées le 24 juillet 2010.

Essai de germination dans le germoir en planche

Le germoir a été rempli de sable fin de fleuve, qui a été bien plané pour obtenir un bon lit de sable. Pour chaque variété, 100 graines ont subi le traitement à l'eau chaude (notées F2T et MT) et 100 autres n'ont pas été traitées (notées MNT et F2NT). Le traitement consiste à laisser dans de l'eau chauffée à 100 °C les graines pendant 24 h. Les graines traitées et non traitées ont été mélangées avec de la cendre et répandues à la volée dans les placettes du germoir.

Culture dans les pots plastiques

Quatre semaines après semis, les plants sont transférés chacun dans un pot plastique en polyéthylène. Pour cela, trois types de substrat avec trois traitements de fumure différents sont utilisés : la fumure minérale (NPK 15-15-15), la fumure d'étable et le témoin (sans fumure). Les variables de croissance des plantes sont mesurées chaque décade pendant cinquante jours. Il s'agit de la hauteur totale, du diamètre au collet et du nombre de feuilles.

Le dispositif utilisé au niveau de la pépinière est un essai en Split Split plot à 3

facteurs : facteur primaire (variétés à 2 modalités), facteur secondaire (substrats à 3 modalités) et facteur tertiaire (fertilisation à 3 modalités) en 3 répétitions (Tableau 1).

Essai sur le site de Kollo (Culture sur terre ferme)

Le dispositif utilisé sur le site de culture de Kollo est un essai factoriel en Split Split plot à 3 facteurs : facteur primaire (variétés à 2 modalités), facteur secondaire (arrosage à 2 modalités) et facteur tertiaire (fertilisation à 3 modalités) en 3 répétitions. Le dispositif comporte 12 parcelles élémentaires par bloc (2 variétés x 2 doses d'irrigation x 3 types de fertilisation) soit au total 36 parcelles élémentaire pour les trois blocs (Figure 2). Les plants de *Artemisia annua* ont été plantés dans les parcelles de 60 m² chacune avec un écartement de 0,8 m sur 0,6 m. Chaque parcelle a reçu 120 plants. Des précautions particulières ont été prises pour éviter les contaminations entre parcelles, en laissant des allées entre les parcelles mais aussi entre les blocs (Figure 2).

Après avoir été plantés, les plants ont reçu le traitement à la fumure organique et minérale. Pour les témoins c'est-à-dire sans fumure, les plants n'ont reçu aucun traitement. Pour l'arrosage, deux modalités sont retenues : arrosage tous les jours et arrosage tous les deux jours. Les soins de l'entretien sont : l'arrosage et la lutte contre les ennemis de la plante (herbe et animaux).

Après trois semaines de plantation sur le site de Kollo, des prélèvements sont effectués pour déterminer la biomasse. Les échantillons ont été séchés à l'étuve à 40 °C pendant 10 jours au laboratoire afin de déterminer le poids sec.

Analyse des données

Les logiciels Gen sat et excel ont été utilisés pour la mise en place du dispositif expérimental en split split plot, la compilation et le traitement des données. Les données recueillies ont été soumises à l'analyse de variance (ANOVA) au risque de 5% pour comparer les variétés en fonction des paramètres (croissances et rendements) et des modalités (substrats, fertilisation, arrosage). Le test de Student-Newman-Keuls a été utilisé à cet effet.

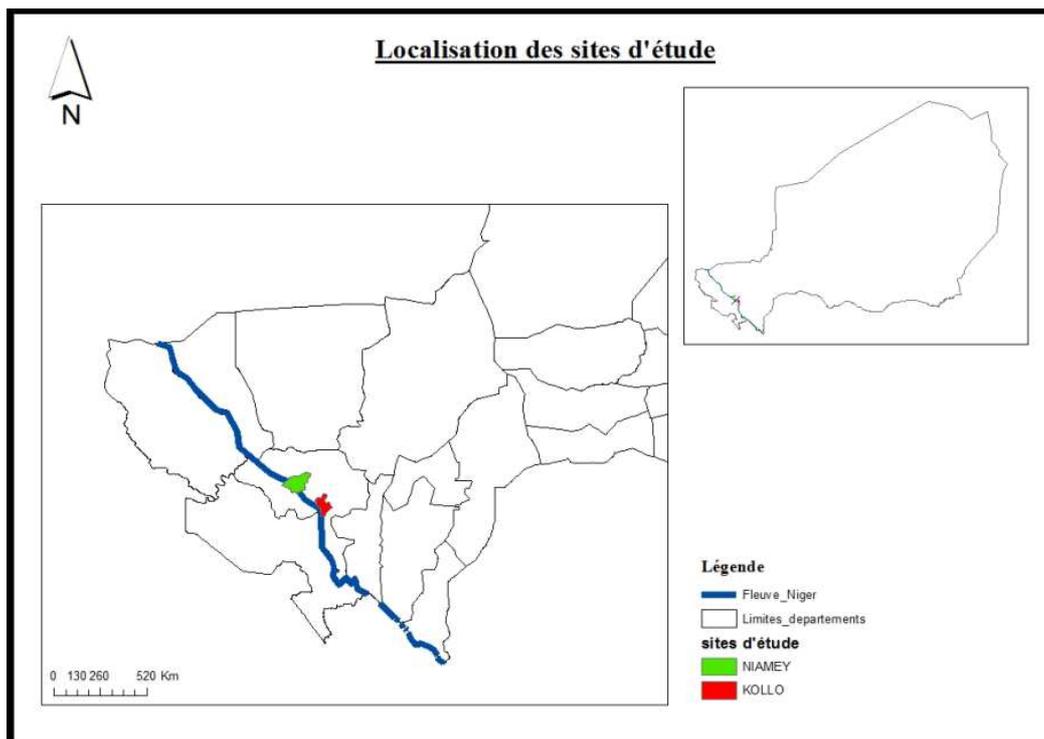


Figure 1 : Localisation des sites d'études.

RESULTATS

Analyse physico-chimique des sols

Les caractéristiques de l'analyse des sols révèlent que le substrat de bas fond est modérément acide et possède les valeurs les plus élevées pour la plupart des caractéristiques physico-chimiques par rapport aux substrats dunaire et de fleuve. A noter que le sol du fleuve est faiblement acide ainsi que celui de dune, mais ce dernier à des valeurs plus élevées pour les autres caractéristiques physico-chimiques analysées. Le substrat de bas fond offre ainsi les caractéristiques d'un bon sol agricole. Le substrat de fleuve quant à lui ne présente pas de meilleures conditions pour permettre aux plants de se développer normalement comparativement aux deux autres substrats (Tableau 2).

Germination, croissance et développement

Germination dans le germoir en planche

Au niveau du germoir, la germination a débuté au troisième jour. Il faut noter que la

variété F2 a moins germé que la variété M. Le nombre de graines germées pour ces deux variétés a révélé que les semences qui ont subi le traitement à l'eau chaude ont eu les meilleurs résultats que ceux n'ayant pas subi de traitements. Au niveau du germoir en planche, les deux lots de *Artemisia annua* ont commencé à germer au bout de quatre jours. La F2T a enregistré le meilleur résultat pour la variété F2. Le taux de germination est de 25 ; 22 ; 20 et 16 % respectivement pour MT, MNT, F2T et F2NT.

Germination dans les bacs à semis

La Figure 3 présente l'évolution du taux de germination des graines des deux semences de *Artemisia annua* en fonction du nombre de jours après semis. La variété F2 offre le meilleur résultat sur le nombre de graines germées donc le meilleur taux de germination. Il faut noter également que la semence ayant subi de traitement avec de l'eau chaude donne les résultats les plus bas, contrairement à la semence non traitée qui

offre les meilleurs résultats. Ceci est observable au niveau des deux lots (M et F2), aussi la F2NT a plus germé que toutes les autres, puis suit la F2T. Les résultats de M sont inférieurs à ceux de la F2 ; et pour la M traitée à l'eau chaude, le nombre de graines germées est inférieur à ceux non traitées à l'eau chaude (Tableau 3).

Dans le bac à semis, les plants ont germé au bout de trois jours après semis. Il faut noter que les meilleurs résultats ont été observés chez la F2, comme nous le montre la Figure 3 sur l'évolution du nombre de graines germées du 2^{ème} jour après levée au 16^{ème} jour en fonction du lot de semence mais aussi du traitement.

Comportement phénologique

Les deux semences de *Artemisia annua* ont toutes germées le troisième jour après semis. La germination a continué vingt jours après semis. S'agissant de la floraison, elle est apparue après 84 jours pour la F2 et 92 jours après semis pour la M sur le site de Kollo.

Caractéristiques agronomiques

Croissance et développement des plants : Analyse de l'effet des différents facteurs

Pour les valeurs moyennes des paramètres mesurés en pépinière, les plants du substrat de bas fond ont les plus hautes valeurs enregistrées en hauteur pour la F2 et M variant respectivement de 36,44 à 43,45 cm et 27,7 à 34,10 cm. Ce constat est le même pour le diamètre au collet avec la variété M qui enregistre la plus grande valeur qui est de 5,15 mm ; ainsi pour ce paramètre, les valeurs enregistrées varient de 1,61 à 5,15 mm. Pour la F2, les valeurs du diamètre au collet varient de 2,05 à 4,5 mm. Pour le nombre de feuilles c'est l'artémis F2 qui a les valeurs les plus élevées variant de 12,78 à 24,10. Pour la M, la moyenne du nombre de feuille varie de 12,78 à 24,10 (Tableau 4).

Les résultats de l'analyse de variance des paramètres de croissance en pépinière sont présentés dans le Tableau 5. Pour les substrats, la différence est très hautement significative pour tous les paramètres étudiés comme l'indique les valeurs de F au seuil de 5%. Cette analyse montre aussi que pour les semences (M et F2), seules le nombre de feuille présente une différence très hautement significative, pour les deux autres paramètres la différence est significative au seuil de 5% (Tableau 5). La hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuille augmentent en fonction du substrat mais aussi en fonction de la semence. Nous constatons une augmentation au niveau de tous ces paramètres en fonction du temps et du substrat. Le substrat de bas fond a donné les meilleurs résultats pour tous les paramètres comme le montre le Tableau 4.

Les paramètres mesurés tels que le diamètre au collet, la hauteur et le nombre de feuilles n'ont pas montré une différence significative pour les sources de variations telles que la fertilisation et l'interaction semence-fertilisation. Quant à l'interaction semence-substrat, il n'y a pas eu de différence significative au niveau du paramètre nombre de feuilles, mais pour les deux autres paramètres à savoir le diamètre au collet et la hauteur, leur différence est significative au seuil de 5% ($p < 0,05$) (Tableau 5).

Il existe une grande variabilité au niveau des substrats pour les paramètres étudiés, comme l'atteste les différences très hautement significatives observées pour les paramètres. Par contre, au sein des semences, la variabilité a été importante seulement au niveau du nombre de feuilles, ce qui prouve la différence très hautement significative observée pour ce paramètre. Cette variabilité n'est pas importante au niveau des interactions entre semences-substrats ; semences-fertilisations et substrats-fertilisations (Tableau 5).

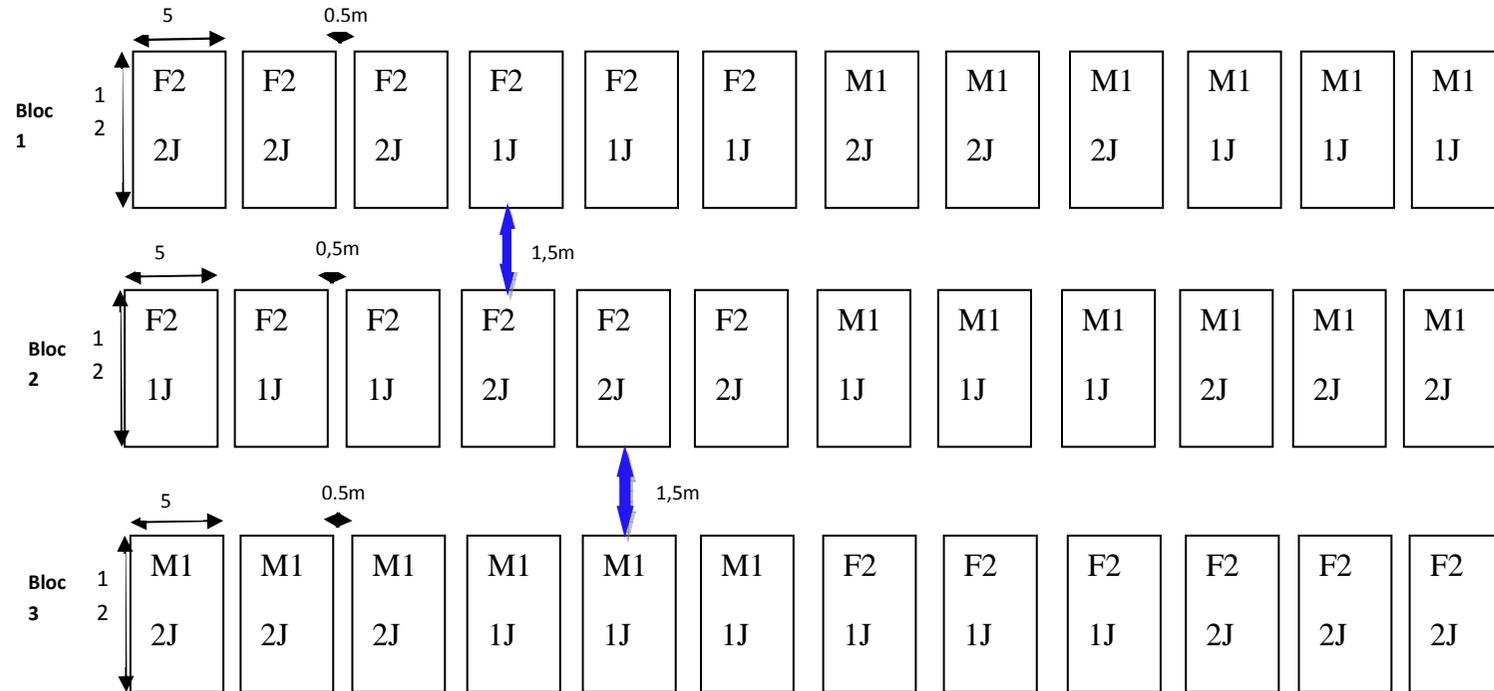


Figure 2 : Plan expérimental de culture de *Artemisia annua* au champ (sur terre ferme) a kollo. M et F2 =variétés de *Artemisia annua* ; 1J= arrosage chaque jour et 2J= arrosage tous les deux jours ; SF=sans fumure, FO=fumure organique et EM=engrais minéral.

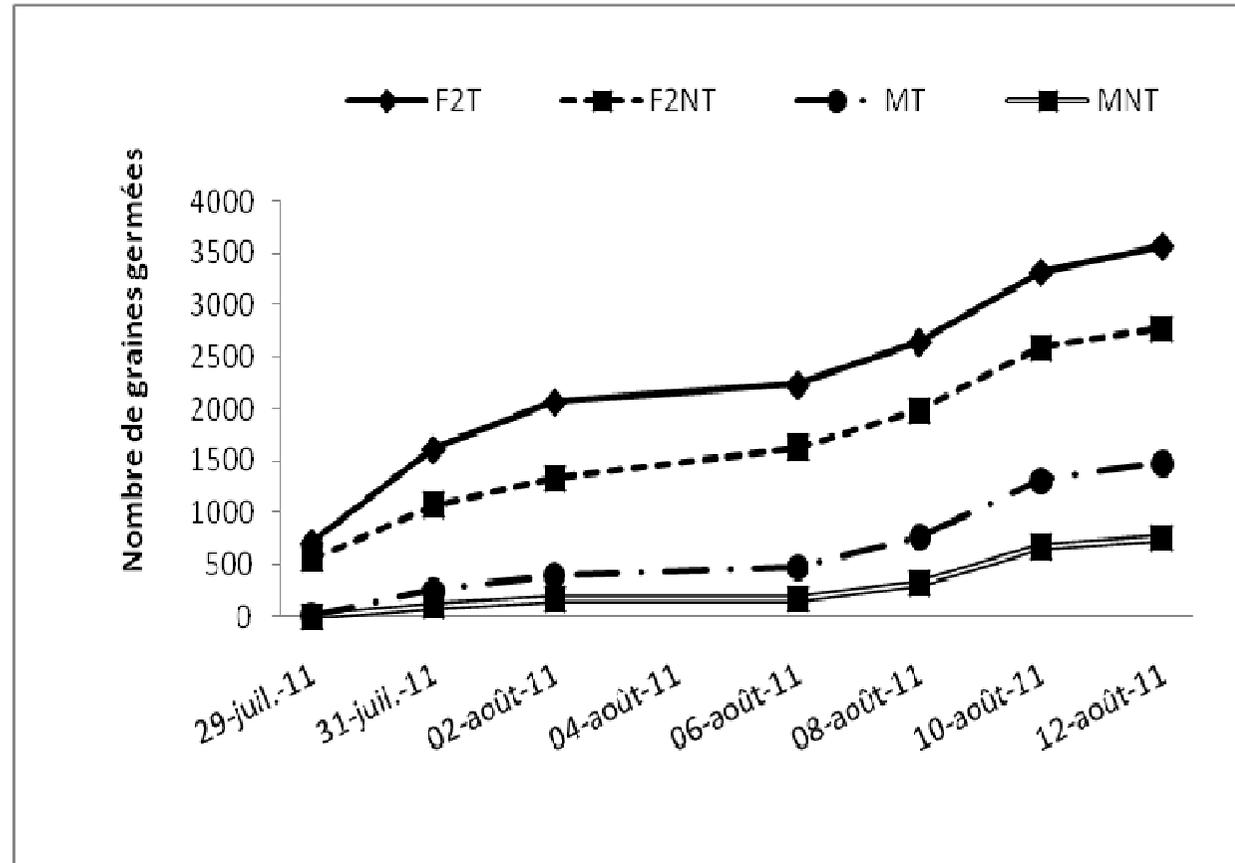


Figure 3 : Evolution du nombre de graines germées dans le bac à semis. MNT : M non traitée à l'eau chaude ; MT M traitée à l'eau chaude ; F2NT : F2 non traitée à l'eau chaude; F2T :F2 traitée à l'eau chaude.

Tableau 1 : Dispositif expérimental en split split plot utilisé pour la culture en pépinière.

Blocs	Traitements																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
	SF	SF	SF	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB
	FI	FO	SF	FI	SF	FO	FO	FI	SF	FI	FO	SF	FI	FO	SF	SF	FI	FO
2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SB	SB	SB	SD	SD	SB	SF	SF	SF	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SD	SF	SF
	FO	SF	FI	FI	SF	SF	FO	3FI	SF	SF	FI	FO	FI	FO	SF	FI	FO	SF
3	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SF	SF	SF	SB	SB	SB
	FO	FI	SF	SF	FI	FO	SF	FI	FO	FO	SF	FI	FO	FI	SF	FI	FO	SF
4	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD
	FO	FI	SF	FO	SF	FI	SF	FI	FO	SF	FO	FI	SF	FO	FO	FO	FI	FI
5	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SF	SF	SF	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD
	SF	FI	FO	FI	SF	FO	FI	SF	FO	SF	FO	FI	SF	FO	FI	FI	SF	FO
6	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F2	F2	F2	F2F2	F2	F2	F2	F2	F2
	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SF	SF	SF
	SF	FI	FO	FI	SF	FO	FI	SF	FO	SF	FI	FO	FI	FO	SF	FO	SF	FI
7	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SF	SF	SF	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SD	SD	SD	SF	SF	SF
	SF	FO	FI	SF	FI	FO	FO	SF	FI	FO	SF	FI	SF	FI	FO	SF	FO	FI
8	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB
	FI	FO	SF	FI	FO	SF	FI	SF	FO	FO	FI	SF	SF	FI	FO	FO	SF	FI
9	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2
	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD
	FI	SF	FO	FI	SF	FO	FI	SF	FO	FO	FI	SF	FI	SF	FO	FI	FO	SF
10	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	F2	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	SB	SB	SB	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SF	SF	SF	SD	SD	SD	SB	SB	SB
	FO	FI	SF	FI	SF	FO	FO	FI	SF	SF	FO	FI	FO	SF	FI	FO	FI	SF

M et F2 =variétés de *Artemisia annua* ; SF=sans fumure, FO=fumure organique, FI=engrais minéral ; SB=sable de bas fond ; SD=sable dunaire de champ ; SF sable de fleuve.

Tableau 2 : Analyse physico-chimique des sols.

Caractéristiques	Substrat de fleuve	Substrat dunaire	Substrat de bas fond
pH-H ₂ O	6.4	6.8	5.3
pH-KCl	5.3	6.0	4.3
H (cmol+/kg)	0.01	0.02	0.08
Al (cmol+/kg)	0.00	0.00	0.07
Carbone org (% CO)	0.013	0.106	1.293
Total-N (mg/kg)	12	96	1324
Bray P1 (mg/kg)	1.6	21.7	15.1
Na ⁺ (cmol+/kg)	0.03	0.04	0.35
K ⁺ (cmol+/kg)	0.07	0.18	0.33
Ca ²⁺ (cmol+/kg)	0.35	1.23	4.66
Mg ²⁺ (cmol+/kg)	0.17	0.32	3.37
CEC-Ag (cmol+/kg)	1.1	2.4	10.2
% Sable	98.4	97.9	39.1
% Limon	1.1	1.0	19.5
% Argile	0.5	1.1	41.4

Tableau 3 : Nombre de graines germées au niveau des bacs a semis.

Dates	MNT	MT	F2NT	F2T
29 Juillet 2011	4	9	541	155
31 Juillet 2011	112	144	820	536
2 Août 2011	171	231	934	730
6 Août 2011	173	306	1152	601
8 Août 2011	322	447	1223	651
10 Août 2011	674	637	1287	717
12 Août 2011	756	726	1300	786

Tableau 4 : Moyenne de hauteur, nombre de feuille et diamètre au collet des plants en pépinières selon la variété, les types de substrat et de fertilisation.

Variétés	Substrats	Fertilisation	Hauteur (cm)	Nombre de feuille	DC
1	1	1	43,45	32,60	4,50
		2	45,80	32,10	4,20
		3	36,44	33,78	4,64
	2	1	32,89	28,90	3,25
		2	34,15	33,90	2,65
		3	31,35	29,40	2,55
	3	1	21,00	23,30	2,05
		2	33,35	27,90	3,15
		3	19,85	22,40	2,28
2	1	1	27,17	21,25	4,89
		2	34,10	24,10	5,15
		3	31,14	23,29	4,64
	2	1	15,25	16,00	2,33
		2	19,10	18,90	3,80
		3	18,05	19,10	2,95
	3	1	5,50	12,78	1,61
		2	14,75	16,80	2,85
		3	16,00	16,33	2,50

Variété 1= F2 ; Variété 2= M ; substrat 1= sable de bas fond ; substrat 2= sable dunaire ; substrat 3 = sable de fleuve ; fertilisation 1= sans fumure ; fertilisation 2= fumure organique ; fertilisation 3= fumure inorganique.

Tableau 5 : Analyse de variance des paramètres de croissance.

Valeur de P	Ht	Nbre Feu	DC Source
Variété	0,006**	<,001***	0,016**
Substrats	<,001***	<,001***	<,001***
Fertilisation	0,078ns	0,55ns	0,057ns
Variétés*Substrats	<,001**	1,31ns	<,001**
Variétés*Fertilisation	0,264ns	0,549ns	0,618ns
Substrats*Fertilisation	0,294ns	0,817ns	0,003**

P : probabilités; Ht : Hauteur de la plante; Nbre Feu : Nombre de feuille; DC : Diamètre au collet ; *** très hautement significatif ; ** significatif ; ns : non significatif.

Tableau 6 : Moyenne des paramètres mesurés au champ (sur terre ferme).

Variété	Arrosage	Fertilisation	Haut moy (m)	PFF g/m ²	PFS g/m ²
1	1	1	23,83	98,89	35,11
		2	31,19	90,45	32,20
		3	33,19	171,66	55,80
	2	1	46,5	46,96	24,52
		2	24,44	86,56	31,26
		3	49,08	130,91	53,31
2	1	1	58,75	55,72	30,98
		2	26,67	31,10	14,67
		3	26,58	56,50	20,67
	2	1	32,95	101,05	38,10
		2	35	41,68	19,49
		3	44,37	58,74	36,91

Variété 1= F2 ; Variété 2= M ; Arrosage 1= arrosage tous les jours ; Arrosage 2= arrosage tous les deux jours ; fertilisation 1= fertilisation 1= sans fumure ; fertilisation 2= fumure organique ; fertilisation 3= fumure inorganique ; Haut moy : hauteur moyenne ; PFF : poids moyen des feuilles fraîches ; PFS : poids moyen des feuilles sèches.

Tableau 7 : Analyse de variance des paramètres mesurés au champ (sur terre ferme).

Source	Valeur de P		
	Ht	BF	BS
Variété	1,03ns	3,60ns	3,60 ns
Arrosage	0,36 ns	0,01ns	0,01 ns
Fertilisation	1,24ns	0,46 ns	2,91ns
Variétés* Arrosage	1,51ns	1,47ns	1,47 ns
Variétés*Fertilisation	1,34ns	0,60ns	0,48ns
Arrosage *Fertilisation	0,12ns	0,56 ns	0,49ns

P : probabilité ; Ht : hauteur ; BF : biomasse fraîche ; BS : biomasse sèche ; ns : non significatif ; *** très hautement significatif ; ** significatif.

La biomasse

Le poids moyen de biomasse fraîche pour la F2 varie de 46,96 à 171,66 g/m² contre 31,10 à 101,05 g/m² pour la M. Pour la hauteur elle varie de 23,83 à 49,08 cm pour la F2 et 26,68 à 58,75 cm pour la M. Nous remarquons que la biomasse produite par la F2 est en général supérieure à celle produite par la M. Pour la hauteur, nous avons noté que la semence F2 a atteint 49,08 cm moyenne maximale contre 58,7 cm pour la M (Tableau 6).

L'analyse de la variance des paramètres mesurés sur terre ferme n'a montré aucune différence significative. Donc la variabilité n'est pas significative au niveau des semences, de la fertilisation et aussi au niveau de l'arrosage. Elle n'est pas significative non plus au niveau de semence-arrosage, semence-fertilisation et arrosage-fertilisation (Tableau 7).

DISCUSSION

Le test de germination des graines de *Artemisia annua* dans le bac à semis et dans le germoir a montré que le temps de levée des graines pour l'étude est de trois jours après semis. Le résultat obtenu pour le temps de levée des graines de *Artemisia annua* au cours de l'étude est le même que celui de Sounon et al. (2009) réalisé au Bénin avec un temps de levée de trois jours après semis avec la même espèce. Pour la germination dans le bac à semis, elle est plus importante pour la F2 qui a donné les meilleurs résultats que la M. Pour le prétraitement les graines traitées ont plus germé que les non traitées ce qui est en accord avec Bambara (2007) qui a observé que les graines traitées donnent les meilleurs résultats que celles non traitées. Ces résultats de Bambara (2009) sont similaires aux résultats du germoir en planche au cours de notre étude avec les taux les plus élevés de germination qui est observé au niveau des graines traitées. Au cours de cette étude, il a été remarqué que les graines traitées au début ont donné les meilleurs résultats, mais par la suite, avec les pluies il y a eu inondation des bacs à semis, ce qui a provoqué un ensablement des bacs qui a

eu comme conséquence la diminution du nombre de graines germées. Néanmoins, nous pouvons affirmer que les semences non traitées ont donné les meilleurs résultats. Il faut aussi noter que des chenilles ont été observées dans les bacs à semis ; après passage de ces insectes sur les jeunes pousses, ces derniers meurent. Pour le test de croissance il faut noter que les plantules de *Artemisia annua* ont montrées qu'il y a un effet très hautement significatif du substrat. La croissance des plantules en pépinière avec utilisation du substrat de bas-fond a donné les meilleurs résultats pour les deux semences que les deux autres substrats à savoir le substrat dunaire et le substrat de fleuve. Le substrat dunaire quant à lui est meilleur que le substrat du fleuve. Des résultats similaires ont été obtenus par Sounon et al. (2009) et aussi Muller et Brandes (1997). Selon Sounon et al. (2009) le sol ferrallitique offre les meilleures caractéristiques que le sol sableux. Muller et Brandes (1997) ont aussi noté une hauteur moyenne des plants de 23 cm sur sol sableux contre 80 cm sur terreau. Il faut noter qu'au cours de notre étude, les plants sont restés plus longtemps en pépinière avant d'être plantés sur terre ferme. Le substrat de bas-fond a des caractéristiques physico-chimiques qui favoriseraient la meilleure croissance et un bon développement des plants. Pour la hauteur sur terre ferme, les plants de la F2 ont atteint une hauteur moyenne qui varie de 23,83 à 49,08 cm et les plants de la M avec une hauteur moyenne variant de 26,58 à 58,75 cm. Ces résultats sont meilleurs que ceux de l'essai de ACP cité par Onimus et al. (2009) effectué au Burkina Fasso avec une hauteur de 20 à 30 cm. Les résultats de l'étude avec hauteur maximale sur terre ferme allant de 0,51 m à 0,90 m pour la F2 et 0,50 m à 0,67 m pour la M, sont cependant inférieurs aux résultats des essais menés par Sounon et al. (2009) au Bénin où la plante *Artemisia annua* a atteint une hauteur maximale allant de 1,46 m à 1,6 m. Pour la survie, nous n'avons pas remarqué une maladie qui a attaqué les plants. Pour la floraison, les plants ont commencé à fleurir au bout de 82 jours soit 12 semaines

après germination pour la F2, ce qui est inférieur à celui de Bambara (2007) réalisé au Burkina et qui est de 14 semaines soit 98 jours après semis pour la même F2. Cependant, il faut noter que le temps de floraison de la F2 et de la M de l'étude sont meilleurs que celui de Bambara (2007) pour la semence ACP qui était de 2 semaines. Pour la variété M de l'étude, le résultat de la floraison est similaire à celui de Bambara (2007) avec 14 semaines (98 jours) pour la semence F2. De même, il faut noter que le temps de floraison de l'étude avec la F2 est inférieur à celui de l'essai mené par ACP au Sénégal cité par Onimus et al. (2009) avec un temps de 90 jours ; qui est quant à lui inférieur à celui de l'étude avec la M avec 92 jours. Pour la biomasse, au niveau de l'arrosage pour la F2, on note le poids frais le plus élevé avec un arrosage tous les deux jours, de même pour la M, on note les plus grands poids pour l'arrosage de tous les deux jours. Le rendement obtenu est de 46,96 à 171,66 g/m² pour la F2 contre 31,10 à 101,05 g/m² pour la M. Ces résultats sont similaires à ceux de Bambara (2007) au Burkina avec 111,77 g/m², et de Sounon et al. (2009) au Bénin avec un poids moyen de 185,6 g/m². Sounon et al. (2009) ont aussi noté un poids de feuilles fraîches moyen de 443,2 g/m² pour un écartement de 0,8 m x 0,6 m et 236,8 g/m² pour un écartement de 1 m x 1 m. Ces derniers résultats sont supérieurs aux rendements obtenus au cours de notre étude.

Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons dire que la plante *Artemisia annua* originaire de la Chine peut s'adapter au climat sahélien nigérien. Parmi les deux semences, la F2 est celle qui s'est adaptée le plus et qui offre les meilleurs résultats en pépinière comme sur terre ferme. L'essai de culture de la plante a permis de noter qu'une bonne production de biomasse de *Artemisia annua* est possible au Niger avec un écartement de 0,8 m x 0,6 m en plantation. Pour les substrats, le sol de bas-fond est le meilleur pour la culture en pépinière. Nous espérons que ces résultats préliminaires vont aider à l'introduction et la

domestication de *Artemisia annua* et permettront la culture de la plante au Niger afin de produire et utiliser les feuilles qui sont d'une importance capitale pour la lutte contre le paludisme.

REFERENCES

- Annuaire des statistiques sanitaire du Niger. 2008. Ministère de la santé publique, Direction des statistiques, de la surveillance et de la riposte aux endémies.
- 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 Fasso, p. 53.
- CIPCRE-Cameroun. 2011. *Artemisia annua* fiche technique de culture Artemisia. Source <https://www.google.ne/CIPCRE> Cameroun consulté le 10 janvier 2011.
- Endrias. 2006. Bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliquées à *Hibiscus sabdariffa* L. et *Artemisia annua*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Ferreira JFS. Laugblin, JC, Magalbaes PM. 2005. Cultivation and genetics of *Artemisia annua* L. for increased production of the antimalarial artemisinin. *Plant Genetic Resources*, 3(2): 206-229.
- Léger D. 2010. Biodiversité et évolution, Règne des végétaux, Monographie d'espèces végétales. Source :http://www.quebecstarica.org/Sciences_nat_documents/Monographie_espece_vegetale consulté le 22 février 2011.
- Muller M, Brandes D. 1997. Growth and development of *Artemisia annua* L on different soil types. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.*, 58(11): 286-291.
- Muriuki J. 2006. Les forêts comme pharmacopée: de nouveaux traitements antipaludéens à base de plantes. *Unasylva*, 224(557): 24-25.

- Onimus M, Vouillot J-M, Clerc G. 2009. L'artémisia en tisane, artémisia contre le paludisme (ACP). Source <http://www.acp-paludisme.org/dl/> Artemisinin. consulté le 5 mars 2011.
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé). 2002. Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005, OMS.
- Phan VT. 2001. L'artémisinine et l'artésunate dans le traitement du paludisme au Vietnam (1984-1999). Manuscrit n° 2252. "Thérapeutique". *Bull Soc Pathol Exot.*, **95**(2): 86-88.
- Quennoz M, Christèle Bastian, Xavier Simonnet and Alain F Grogg. Quantification of the Total Amount of Artemisinin in Leaf Samples by Thin Layer Chromatography. *Chimia*, **64**(10): 755-757.
- Sounon M, Kakai GR, Avakoudjo J, Assogbadjo AE, Sinsin B. 2009. Test de germination et de croissance de *Artemisia annua* L. anamed sur différents substrats au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**(2): 337-346.
- Soh PN. 2008. Recherche de nouveaux composés à activité antipaludique à partir de différentes pharmacopées traditionnelles. Thèse de doctorat, Université de Toulouse III, p. 164.
- WHO (World Health Organization). 2006. *Monograph on Good Agricultural and Collection Practices (GACP) for Artemisia annua* L. WHO: Geneva.