



Effet des extraits aqueux à base d'ail (*Allium sativum*), de neem (*Azadirachta indica*), d'hyptis (*Hyptis* spp.) et d'huile d'arachide sur les pucerons, vecteurs du virus de la panachure du piment vert (*Capsicum chinense*) au Nord-Bénin.

Fortuné Biao^{1*}, Léonard Afouda¹ et Daouda Koné²

1-Laboratoire de Phytotechnie, d'Amélioration et de Protection des Plantes, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, 02 B.P., 1003 Parakou, Bénin.

2- Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan 22 BP 582, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant, E-mail : fortunebiao@yahoo.fr / Tél : 0022966945602

Mots clés : Pucerons, PVMV, pesticides botaniques, Bénin

Keywords : Aphid, PVMV, botanical pesticides, Benin.

1 RÉSUMÉ

Le piment (*Capsicum* spp.) fait partie des principales cultures maraîchères au Bénin, mais sa production est confrontée à d'énormes contraintes biotiques au nombre desquelles figurent les maladies virales transmises le plus souvent par des insectes vecteurs dont les pucerons. La lutte contre ces maladies passe donc par la lutte contre les vecteurs pour laquelle les maraîchers font recours aux pesticides chimiques néfastes tant pour les consommateurs que pour l'environnement. La présente étude a pour objectif d'évaluer l'effet des extraits aqueux d'ail, de neem et d'hyptis sur la population des pucerons dans un champ de piment, afin de réduire l'usage des pesticides de synthèse. Un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets à sept traitements et trois répétitions a été utilisé. La densité par plant de population des pucerons et la prévalence du virus de la panachure du piment (PVMV) ont été déterminées. La densité par plant de population des pucerons a varié significativement ($P < 0,05$), par traitement et par village. A la dernière date d'évaluation, la densité par plant de population des pucerons la plus élevée a été observée sur les parcelles témoins sur les 2 sites : à Bodjécali (700 ± 50) et à Kotchi ($325,33 \pm 32,75$). La prévalence du PVMV a aussi varié significativement en fonction des traitements et est plus élevée (58,33%) à la troisième date d'évaluation au niveau des parcelles témoin à Bodjécali. Quant au rendement, il est plus élevé au niveau du traitement à base d'extrait aqueux d'ail (3,97 t/ha), et plus faible au niveau du traitement à base d'huile d'arachide (1,44 t/ha). Les extraits aqueux d'ail, de feuilles d'hyptis et de graine de neem pourraient donc constituer une alternative aux pesticides de synthèse dans le cadre de la gestion intégrée des maladies virales du piment et de leurs vecteurs.

Effect of aqueous extracts of garlic (*Allium sativum*), neem (*Azadirachta indica*), hyptis (*Hyptis* spp.) and peanut oil on aphids, vectors of the Pepper veinal mottle virus (*Capsicum chinense*) in Northern-Benin.

ABSTRACT

Pepper (*Capsicum* spp.) is one of the main market garden crops in Benin, but its production is confronted with enormous biotic constraints which include viral diseases most often transmitted by insects vectors including aphids. The control of these diseases should therefore involves their vectors control for which farmers use chemical pesticides to which are harmful both consumers and the environment. The present study aimed at evaluating the effect of aqueous extracts of garlic, neem seeds and hyptis on the aphid population, in order to reduce the use of synthetic pesticides. The experimental design consisted of a randomized complete blocks with three repetitions and seven treatments was used. Aphid populations, the prevalence of pepper veinal mottle virus (PVMV) and yield were determined. The aphid population varied significantly ($P < 0.05$), by treatment and by village. At the last evaluation date, the highest aphid populations were observed in the control plots at the two sites: Bodjekali (700 ± 50) and Kochi (325.33 ± 32.75). The prevalence of pepper veinal mottle virus (PVMV) also varied significantly (58.33%) on the third day of the evaluation at the control plots in Bodjekali. As for yield, it was higher on plots treated with aqueous extract of garlic (3.97 t / ha), and lower on plots treated with peanut oil (1.44 t / ha). Aqueous extracts of garlic, hyptis leaves and neem seed could therefore be an alternative to chemical pesticides for the management of viral diseases of peppers and their vectors.

2 INTRODUCTION

Le piment (*Capsicum* spp) est largement consommé en tant que légume dans le monde (Dias *et al.*, 2013; Wahyuni *et al.*, 2013). Au Bénin, sa production est estimée à 75953 tonnes (FAO, 2017) et il constitue le condiment le plus demandé dans les milieux urbains béninois pour la consommation après la tomate (Gnimadi, 2008). Il est riche en sels minéraux (Ca, P, Fe), en vitamines (A, E et majoritairement C) en fibre, en flavonoïdes, en capsaïcine et en antioxydant. Grâce à ses nombreux constituants, il est utilisé en pharmacopée, en cosmétique et dans l'armée (El-Ghoraba *et al.*, 2013; Jolicoeur, 2001). C'est une épice qui génère d'énormes revenus pour les producteurs et contribue ainsi à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration des conditions sociales des femmes (Adjatin *et al.*, 2013). Malgré les efforts du gouvernement béninois visant à améliorer sa production (MAEP, 2011), son rendement reste très faible selon les statistiques de la FAO (2017) (2,71 tonnes / hectare contre un rendement mondial de 16,68 tonnes / hectare) car sa culture est sujette à d'énormes contraintes

biotiques dues principalement aux maladies virales et aux insectes potentiels vecteurs de ces maladies (Adégbola *et al.*, 2002; Afouda *et al.*, 2013). Beaucoup de virus transmis par les pucerons ont été détectés sur les cultures de piment au Nord et au Sud du Bénin. Il s'agit notamment du virus de la mosaïque du concombre (CMV), le virus Y de la pomme de terre isolat nécrotique (PVYn), le virus de la marbrure légère du poivron (PaMMV), le virus de la marbrure du piment (PepMoV) et le virus de la panachure du piment (PVMV) (Afouda *et al.*, 2013 et 2017). En Tunisie, la culture du piment est fortement endommagée par le PVY et le CMV qui ont causé plus de 50% des pertes de la production potentielle des variétés de piment cultivées (Mnari-Hattab et Ezzaier, 2006). Aussi, Tossounon et Onzo (2015) ont identifié beaucoup d'insectes potentiellement vecteurs de maladies virales, les thrips (*Frankliniella schultzei*), les mouches blanches (*Bemisia tabaci*) et majoritairement les pucerons (*Aphis gossypii*), sur les cultures de piment dans ces régions du Bénin.

De nombreuses méthodes de lutte telles que la lutte chimique, la lutte botanique (Kulimushi, 2014), la lutte physique à travers l'usage de l'UV et des surfaces réfléchissantes telles que les feuilles d'aluminium (Antignus *et al.*, 2000 ; Smith *et al.*, 1964), la lutte culturale à travers l'association des cultures et la lutte biologique (Ferrer, 2000 ; James *et al.*, 2010) ont été développées contre les insectes ravageurs des cultures et les maladies associées. Parmi, ces différentes méthodes, les producteurs font prioritairement recours, et de façon abusive et inadéquate aux traitements à base de pesticides chimiques (Afouda *et al.*, 2013 ; Toé, 2010 ; Naré *et al.*, 2015). Ces mauvais usages des pesticides induisent la sélection des souches résistantes, la pollution environnementale et de nombreuses intoxications aussi bien des producteurs que des consommateurs de légumes fruits (Son *et al.*, 2017). Par ailleurs, les insecticides de synthèse ont un effet néfaste sur l'entomofaune utile (Sigrist *et*

al., 1994) dont les ennemis naturels des ravageurs, d'où la nécessité de rechercher des alternatives de lutte par des insecticides botaniques. Plusieurs alternatives de lutte botanique ont été développées dont l'usage des plants aux propriétés insecticide, anti-appétante et répulsive ainsi que des huiles minérales. Parmi ces plants, le neem (graines, feuilles, écorce), l'hyptis, l'*Ocimum gratissimum* et l'ail ont été utilisés pour lutter contre plusieurs familles d'insectes ainsi que les maladies virales (Déla *et al.*, 2014 ; Kossou *et al.*, 2007 ; Yarou *et al.*, 2017 ; Kulimushi *et al.*, 2014). Au Bénin et particulièrement dans la zone d'étude, l'hyptis (adventice), le neem (plante perenne), l'ail (légume fruit) et l'huile d'arachide sont locaux et facilement accessibles aux maraîchers. Cette étude a donc pour objectif d'évaluer l'effet de l'huile d'arachide, de même que des extraits aqueux de graines de neem, de feuilles d'hyptis, et de gousses d'ail sur les pucerons, potentiels vecteurs du virus de la panachure du piment.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Milieu d'étude : Cette étude a été conduite dans deux différents sites, Bodjécali (11°49'45,23" Nord, 3°22'45,2" Est) et Kotchi (11°51'9,88" Nord, 3°24'40,24" Est) localisés dans la commune de Malanville (département de l'Alibori) au Nord-Bénin. Cette région jouit d'un climat de type soudano-sahélien, marqué par une saison sèche de Novembre à Avril. Les sols sont de types sablo-argileux et ferrugineux (Adjovi, 2006).

3.2 Matériel : Le matériel végétal est constitué des semences de piment de la variété locale Gbataki (*Capsicum chinense*), d'extrait aqueux de graines de neem (*Azadirachta indica*), des feuilles d'hyptis (*Hyptis* spp.), des gousses d'ail (*Allium sativum*) et d'huile d'arachide. L'insecticide conventionnel PACHA (de matière active Acétamipride (10 g/l) / lambda-cyhalothrine (15 g/l)) (MAEP, 2016).

3.3 Préparation des différents extraits : Les extraits aqueux de graines de neem, de feuilles d'hyptis et d'ail ont été respectivement obtenus par macération et filtrage de 80 g, 0,3 kg et 50 g du matériel végétal dans 1 l d'eau de robinet pendant 24 heures à l'abri de la lumière. L'huile

d'arachide a été diluée à 10% dans l'eau de robinet.

3.4 Dispositif expérimental : La pépinière a été mise en place en plein champ à Kotchi le 10 juillet 2017 dans des casiers de 2 m² et protégée par des moustiquaires afin de limiter la pression des insectes. Les plants sains et vigoureux ont été repiqués à 45 jours d'âge dans des casiers de 3 m x 3 m préalablement labourés à l'aide de la traction animale. Le dispositif expérimental est un Bloc Aléatoire Complet à trois répétitions. Les blocs, de même que les parcelles élémentaires sont séparés par une allée de 3 m chacun. Le repiquage a été fait à un écartement de 0,5 m x 0,5 m et à une densité de 16 plants / unité expérimentale de 9 m².

3.5 Les traitements : Les différents traitements (7) sont constitués d'un témoin absolu sans apport d'extrait aqueux (T₀), d'un traitement à base d'extrait aqueux des graines de neem (T₁), d'un traitement à base d'extrait aqueux d'Hyptis (T₂), d'un traitement à base d'extrait aqueux d'ail (T₃), d'un traitement à base d'insecticide PACHA (Acétamipride (10 g/l) / lambda-cyhalothrine (15 g/l)) en alternance avec

l'extrait aqueux de neem (T_4), d'un traitement à base d'insecticide de synthèse PACHA (T_5), d'un traitement à base d'huile d'arachide 10% (T_6). Ces traitements ont été appliqués à l'aide d'un pulvérisateur à gâchette de 1,5 l une semaine après repiquage puis, répétés toutes les semaines dans les parcelles élémentaires à raison de 1 l / 20 m² jusqu'à la fin du cycle du piment. Un épandage de fumure de fond (NPK 14 - 23 - 14) a été réalisé respectivement aux 14^{ème} et 45^{ème} jours après repiquage à raison de 18 g/m². Une application d'urée a été effectuée à raison de 18 g/m² à partir du 60^{ème} jour après repiquage et répétées après chaque récolte. L'arrosage des plants et le sarclage ont été régulièrement effectués en cas de besoin.

3.6 Collecte des échantillons de feuilles :

Les jeunes feuilles apicales du piment ont été échantillonnées sur huit plants centraux par parcelle élémentaire. Elles ont été ensuite conservées avec de la glace et acheminées au laboratoire, puis le test ELISA a été réalisé pour détecter le virus de la panachure du piment (PVMV). La première collecte des échantillons de feuilles a été effectuée le 47^{ème} jour après repiquage puis répétée tous les 47 jours jusqu'à la fin du cycle du piment. Au total, trois évaluations ont été réalisées (47^{ème}, 94^{ème} et 141^{ème} jour).

3.7 Dénombrement des pucerons : Les pucerons ont été dénombrés sur chacun des huit plants centraux de chaque parcelle élémentaire, à

raison de neuf feuilles de piment / plant dont 3 apicales, 3 au milieu et 3 à la base du plant.

3.8 Evaluation des rendements en fruit :

Le rendement par parcelle élémentaire a été évalué sur les huit (8) plants qui ont précédemment servi à dénombrer les pucerons et constitue le cumul des récoltes durant tout le cycle végétatif.

3.9 Analyse statistique des résultats :

Les blocs emboîtés dans les villages d'expérimentation ont été considérés comme facteurs aléatoires. Le traitement et le site d'essai ont été considérés comme facteurs fixes. Les modèles linéaires généralisés à effet mixtes sous le package lmerTest ont été utilisés pour tester l'effet du traitement sur la prévalence du virus PVMV (famille binomiale) et la densité par plant de populations des pucerons (famille poisson et négative binomiale) entre les deux sites. Lorsque la variable rendement ne suivait pas une distribution normale, une transformation-log a été donc utilisée. Le package "multcomp" a servi à la comparaison multiple des valeurs moyennes des rendements, de la prévalence du PVMV et de la densité de populations des pucerons. Le critère d'information d'Akaike (AIC : Akaike Information Criterion) a été utilisé pour comparer les modèles (Akaike, 1974). Les meilleurs modèles étant ceux qui ont le plus petit AIC. Toutes les analyses ont été réalisées sous R version 3.4.1 (R Core Team 2017).

4 RÉSULTATS

4.1 Effets des traitements sur la densité de population de pucerons :

La densité par plant des populations de pucerons varie significativement suivant les traitements, les dates et les sites d'essai (Tableau 1). A Bodjécali, la densité par plant de population de pucerons est élevée et sensiblement croissante de la première date ($0,37 \pm 1,92$) à la troisième ($127,07 \pm 19,24$). A Kotchi également, cette densité est respectivement élevée à la première ($0,88 \pm 3,00$), la deuxième ($15,93 \pm 4,17$) et à la troisième date ($68,00 \pm 10,28$). La densité par plant de population de pucerons est plus élevée à Bodjécali ($46,73 \pm 13,77$) qu'à Kotchi ($28,27 \pm$

$6,93$). Aussi bien à Bodjécali qu'à Kotchi, aux deux premières dates, aucune différence significative n'a été observée entre le témoin sans traitement et l'ensemble des traitements. Par contre, à la troisième date, tous les traitements ont présenté des densités par plant de population de pucerons significativement inférieures à celle observée sur le témoin. La densité la plus élevée a été observée sur les parcelles témoin aussi bien à Bodjécali (700 ± 50) qu'à Kotchi ($325,33 \pm 32,75$). Les plus faibles densités ont été observées sur les parcelles traitées à l'extrait aqueux de neem alterné avec l'insecticide PACHA (Acétamipride (10 g/l) / lambda-cyhalothrine (15

g/l)), l'insecticide PACHA (Acétamipride (10 g/l) / lambda-cyhalothrine (15 g/l)) et l'extrait aqueux de graines de neem (Tableau 2).

Tableau 1: Analyse de variance de l'effet du traitement, village et date sur la densité des pucerons

Source de variation	Df	Sum Sq	Mean Sq	F-value	Pr(>F)
Traitements	6	432961	72160	413,328	<2,2 e-16 ***
Dates	2	211805	105902	611,004	<2,2 e-16 ***
Sites	1	12332	12332	71,094	8,9 e-13 ***
Traitements:Dates	12	827649	68971	397,926	2,2 e-16 ***
Residuals	83	14386	173		

Code de significativité: 0 **** 0,001 *** 0,01 ** 0,05 * 0,1 ' ' 1

Tableau 2: Nombre moyen de puceron par plant et par traitement

Traitements	BODJECALI			KOTCHI		
	D1 (47Jr)	D2 (94 Jr)	D3 (141 Jr)	D1 (47Jr)	D2 (94 Jr)	D3 (141 Jr)
T0	3,33±5,77 a A	20±10,00 a A	700±50 c B	0,67±1,54 a A	10±10,00 a A	325,33±32,75 b B
T1	0,00±0,00 a A	7,33±4,04 a B	1,33±2,31 a AB	0,00±0,00 a A	8,33±7,64 a A	0,67±1,16 a A
T2	0,00±0,00 a A	19±27,07 a A	18,67±27,21 a A	2±2,65 a A	11,67±2,89 a A	40±13,23 a B
T3	0,00±0,00 a A	10±5,00 a B	18,33±2,89 a B	0,00±0,00 a A	5±5,00 a A	37±11,79 a B
T4	0,00±0,00 a A	11,67±10,41 a A	1,00±1,00 a A	0,00±0,00 a A	12±4,36 a B	0,33±0,58 a A
T5	0,00±0,00 a A	0,00±0,00 a A	1,00±1,00 a A	0,00±0,00 a A	0,00±0,00 a A	0,33±0,58 a A
T6	0,00±0,00 a A	11,67±12,58 a A	93,33±30,55 b B	0,00±0,00 a A	5±5,00 a A	23±14,05 a A
Source variation des traitements	F=1 P=0,463	F= 0,547 P= 0,86	F=334,3 P=2,74e-14 ***	F=1,44 P=0,268	F=1,682 P=0,198409	F=183,9 P=1,71e-12 ***
Source de variation Sites	F=71,094; P=8,9 e-13 ***					

4.2 Effets des traitements sur la prévalence du virus de la panachure du piment (PVMV) : La prévalence du PVMV varie significativement en fonction des traitements (P=4,421 e-7), de la date d'évaluation (P=0,006) et du site expérimental (P=0,032) (Tableau 3). A Bodjécali, la prévalence est respectivement élevée

à la première (10,71%), deuxième (17,86%) et troisième (39,29 %) date. A Kotchi, aucune différence significative n'a été observée entre les trois dates d'évaluation. Par ailleurs, les deux premières dates d'évaluation ont présenté des valeurs de prévalence identiques (38,10%) et inférieures à celle de la troisième date (41,67%).



Quant aux traitements, à Kotchi et à toutes les dates d'évaluation, aucune différence significative n'a été observée. A Bodjécali, à la première et à la troisième date d'évaluation, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements

contrairement à la deuxième date. Aussi bien à Bodjécali qu'à Kotchi, excepté le traitement à l'huile d'arachide T₆, les parcelles témoin ont présenté la prévalence la plus élevée à toutes les dates d'évaluation (Tableau 4).

Tableau 3 : Effet des différents traitements sur la prévalence du PVMV. Analyse de la table de déviance

Source de Variation	Df	Chisq	Pr (>Chisq)
Traitements	6	40,06	4,421 e-7***
Sites	1	4,60	0,032*
Dates	2	10,24	0,006**
Traitements : Sites	6	5,30	0,506
Site : Dates	2	1,16	0,560
....			

Code de significativité: 0 *** 0,001 ** 0,01 * 0,05 ' 0,1 ' ' 1

Tableau 4 : Prévalence du PVMV en fonction des traitements sur les deux sites d'essai

Traitements	BODJECALI			KOTCHI		
	D1 (47Jr)	D2 (94 Jr)	D3 (141 Jr)	D1 (47Jr)	D2 (94 Jr)	D3 (141 Jr)
T ₀	25,00±0,45 aA	58,33±0,51 b A	58,33±0,51 a A	56,67±0,50 a A	58,33±0,51 a A	58,33±0,51 a A
T ₁	8,33±0,29 a A	8,33±0,29 a A	25,00±0,45 a A	33,33±0,49 a A	33,33±0,49 a A	33,33±0,49 a A
T ₂	8,33±0,29 a A	8,33±0,29 a A	41,67±0,51 a A	33,33±0,49 a A	33,33±0,49 a A	42,67±0,51 a A
T ₃	16,67±0,39 a A	16,67±0,38 abA	33,33±0,49 a A	41,67±0,51 a A	41,67±0,51 a A	41,67±0,51 a A
T ₄	8,33±0,29 a A	8,33±0,29 a A	33,33±0,49 a A	25,00±0,45 a A	25,00±0,45 a A	33,33±0,49 a A
T ₅	00±0,00 a A	0,00±0,00 a A	41,67±0,51 a B	16,67±0,39 a A	16,67±0,39 a A	16,67±0,39 a A
T ₆	8,33±0,29 a A	25,00±0,45 abA	41,67±0,51 a A	50,00±0,52 a A	58,33±0,51 a A	75,00±0,45 a A
Source variation des traitements	F=0,77 P=0,599	F=3,67 P=0,003**	F=0,524 P=0,789	F=1,42 P=0,217	F=1,29 P=0,272	F=1,92 F=0,087
Source variation sites	P=0,032*					

4.3 Effet des différents traitements sur le rendement du piment : L'analyse de variance révèle que les rendements des plants de piment sont statistiquement identiques entre les traitements ($p=0,052$) et les deux sites ($p=0,386$).

Le rendement le plus élevé a été obtenu avec le traitement à base d'extrait aqueux d'ail ($T_3 = 3,97$ t/ha) et le plus faible avec le traitement à base d'huile d'arachide ($T_6 = 1,44$ t/ha), (Tableau 6).

Tableau 5: Effet des traitements sur le rendement

Source de Variation	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Traitements	6	30,865	5,144	2,558	0,052
Sites	1	1,558	1,558	0,774	0,386
Traitements: Sites	6	41,682	6,947	3,453	0,011*
Residuals	28	56,320	2,011		

Code de significativité: 0 **** 0,001 ** 0,01 * 0,05 . 0,1 ' ' 1

Tableau 6: Rendement du piment en fonction des différents traitements

Traitements	Rendements en (t/ha)
T_3	$3,97 \pm 3,01a$
T_4	$3,55 \pm 1,90a$
T_5	$3,12 \pm 1,26a$
T_2	$2,97 \pm 1,57a$
T_0	$2,90 \pm 1,27a$
T_1	$1,69 \pm 0,99 a$
T_6	$1,44 \pm 0,77 a$

T_0 : Témoin absolu sans apport d'extrait aqueux ; T_1 : traitement à base d'extrait aqueux des graines de neem ; T_2 : traitement à base d'extrait aqueux d'Hyptis, T_3 : traitement à base d'extrait aqueux d'ail ; T_4 : traitement à base d'insecticide PACHA en alternance avec l'extrait aqueux de neem ; T_5 : traitement à base d'insecticide de synthèse PACHA ; T_6 : traitement à base d'huile d'arachide 10%.

*Les valeurs de rendement suivies d'une même lettre minuscule pour les différents traitements ne sont pas significativement différentes

4.4 Relation entre la densité des populations de pucerons et la prévalence du PVMV : L'analyse de corrélation de Spearman nous révèle qu'à toutes les dates d'évaluation, il existe une corrélation positive entre la densité par

plant des populations de pucerons et la prévalence du PVMV sur les deux sites. Une augmentation des pucerons entraîne donc une augmentation de la prévalence du PVMV.

Tableau 7 : Corrélation entre la densité par plant des populations de pucerons et la prévalence du PVMV

	Bodjécali			Kotchi		
	Pucerons			Pucerons		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Prévalences PVMV	$P=0,255$ $r=0,26$	$P=0,0002$ $r=0,72$	$P=0,744$ $r=0,08$	$P=0,842$ $r=0,05$	$P=0,462$ $r=0,17$	$P=0,13$ $r=0,34$

4.5 Impact de la prévalence du PVMV sur le rendement : L'analyse de corrélation de Spearman nous montre qu'il n'existe pas une relation significative entre la prévalence du

PVMV et le rendement ($r=-0,13$; $Pr=0,43$). Toutefois, une augmentation de la prévalence entraîne une baisse légère du rendement.

5 DISCUSSION

5.1 Effet des différents traitements sur la densité de population de pucerons : A la troisième date, tous les traitements, aussi bien sur le site de Bodjécali que de Kotchi ont réduit significativement la densité par plant de population de pucerons des cultures de piment comparativement aux témoins qui ont montré les plus fortes densités par plant de population de pucerons. L'insecticide PACHA (Acétamipride (10 g/l) / lambda-cyhalothrine (15 g/l)) de la famille des néonicotinoïdes et pyréthri-noïdes a été très efficace dans la lutte contre les pucerons des cultures du piment vert à Malanville, bien que plusieurs études aient montré la résistance des pucerons aux insecticides de la famille des pyréthri-noïdes et néonicotinoïdes (Fenton *et al.*, 2010 ; Barrès et Mottet, 2017). Cette efficacité pourrait être due à l'effet combiné des deux familles ainsi qu'à la fréquence de pulvérisation qui était de 7 jours dans le cadre de notre étude. L'extrait aqueux de graine de neem à 80 g/l s'est révélé efficace dans la lutte contre les pucerons du piment vert à Malanville. Ces résultats corroborent ceux de Gnago *et al.* (2010) qui ont prouvé l'efficacité des extraits aqueux de graine de neem à la même concentration sur les pucerons du gombo et du chou en Côte d'Ivoire. Déla *et al.* (2014) ont également démontré en laboratoire que l'extrait aqueux et hydroéthanolique des feuilles de neem ont entraîné 95% de mortalité de nymphe de *Myzus persicae* ainsi qu'une diminution du taux de survie et de fécondité des adultes. Ces mêmes auteurs ont démontré une réduction de la durée de sondage, de salivation et d'ingestion de ce puceron sur les plants de pomme de terre traités avec 10% d'extrait aqueux de neem. L'efficacité des extraits aqueux des graines de neem serait due à la présence d'azadirachtine dont les propriétés répulsive, anti-appétante, réductrice de la fécondité et inhibitrice de la mue des larves a été prouvée par plusieurs auteurs (Islam *et al.*, 2007 ; Lowery *et al.*, 1993 ; Mordue, 2004). Le traitement (T₄) alternant l'extrait aqueux de graine de neem et l'insecticide PACHA a réduit significativement la densité par plant de population des pucerons. Il contribue ainsi à réduire de moitié l'usage des

pesticides de synthèse dans la lutte contre les pucerons du piment vert à Malanville. L'extrait aqueux d'ail a réduit significativement la densité par plant de populations des pucerons du piment vert comparativement au témoin. Kulimushi *et al.* (2014) ont également révélé la réduction de la densité de population des pucerons noirs du haricot sur les plantes traitées à l'extrait d'ail et à la combinaison d'extrait d'ail et de feuilles de papaye. Les extraits d'ail et d'oignon entraînent la mort du puceron *Myzus persicae* en l'empêchant de se poser et de s'alimenter sur sa plante hôte (Hori, 1996). L'efficacité des extraits d'ail est principalement due aux constituants soufrés contenus dans ces extraits et dont les propriétés anti-appétante, répulsive, insecticide, perturbatrice de ponte et de développement des larves ont été démontrées par plusieurs études sur divers ordres d'insectes (Trematerra et Lanzotti, 1999 ; Weissling *et al.*, 1997 ; Auger *et al.*, 2002 ; Auger *et al.*, 2013). Nos résultats révèlent que l'extrait aqueux d'hyptis a réduit significativement la densité par plant de population des pucerons du piment vert comparativement au témoin. Une étude similaire réalisée par Kossou *et al.* (2007) a également révélé l'efficacité d'extrait aqueux d'*Hyptis suaveolens* sur les pucerons du niébé (*Aphis craccivora* Koch), sur les thrips (*Megalurothrips sjostedti* Trybom) et sur *Callosobruchus maculatus* Fabricius. Toujours sur le niébé, Bambara et Tiemtoré (2008) ont prouvé l'efficacité de l'extrait aqueux d'*Hyptis spicigera* Lam. Une étude comparative réalisée par Abagli et Alavo (2011) a révélé que 30% DEET (N, N-diéthyl-m-toluamide) est autant efficace que 10% d'huile essentielle d'*Hyptis suaveolens* dans la lutte contre les moustiques. L'huile d'arachide à 10% a réduit significativement la densité par plant des populations de pucerons comparativement au témoin. Cette efficacité de l'huile d'arachide tout comme les huiles minérales en général sur les pucerons est liée aux propriétés physiques et chimiques de ces huiles. Ces huiles, appliquées sur l'insecte forment un film imperméable qui l'asphyxie. Aussi, par son caractère chimique amphibologique, elles peuvent pénétrer l'insecte et

l'intoxiquer (Lesueur, 2006 ; Philogène *et al.*, 2002).

5.2 Effet des différents traitements sur la prévalence du PVMV : La parcelle témoin (T₀) a montré la prévalence au PVMV la plus élevée à toutes les dates d'évaluation exceptée la parcelle traitée à l'huile d'arachide à Kotchi qui a montré, à la troisième date d'évaluation une prévalence supérieure à celle observée sur le témoin. Aussi, pour l'ensemble des traitements la prévalence a progressivement crû de la première date d'évaluation à la troisième. Il existe peu d'études sur l'effet des pesticides botaniques sur l'incidence des maladies virales transmises sur le mode non persistant. Celles existantes révèlent en ce qui concerne le neem, que les extraits aqueux n'inhibent pas la transmission des virus d'une plante infectée à une plante saine en laboratoire. Par contre, l'huile de neem se révèle efficace contre cette transmission. Ces auteurs attribuent donc l'inhibition de la transmission du virus circulant aux propriétés chimique et physique de l'huile plutôt qu'à sa concentration en azadirachtine. (Lowery *et al.*, 1997; Philogène *et al.*, 2002; Lesueur, 2006). Contrairement aux études ci-dessus citées qui ont été réalisées en laboratoire, nos résultats révèlent que l'extrait aqueux de neem réduit la transmission du PVMV par les pucerons. Bien que plusieurs études aient été faites sur les effets antibactérien, parasitaire et fongique des extraits aqueux et hydroéthanoliques d'ail (Venâncio *et al.*, 2017 ; Bakht *et al.*, 2011) celles liées à leur effet sur la transmission virale font défaut dans la littérature. Cette étude vient prouver l'effet inhibiteur de l'extrait aqueux d'ail sur la transmission du PVMV par les pucerons. De nombreuses études ont révélé les effets antibactérien et fongique aussi bien des extraits hydroéthanoliques que des huiles essentielles d'hyptis (Iwu *et al.*, 1990 ; Saluja et Santani, 1993). Cette étude vient combler le manque d'information sur l'action de l'hyptis sur

la transmission des virus non circulants comme le PVMV par les pucerons dans la culture de piment. Dans le cadre de notre étude, l'huile d'arachide à 10% s'est révélée peu efficace dans la lutte contre la transmission du PVMV par les pucerons quoi que plusieurs études aient prouvé l'inhibition de la transmission des virus non circulants par les huiles minérales (Lowery *et al.*, 1990 ; Boquel *et al.*, 2013). Cette faible inhibition pourrait être due au lessivage de l'huile par quelques rares pluies survenues. La réduction de la prévalence du PVMV dans l'ensemble des traitements serait due à la réduction de la densité par plant des populations de pucerons vecteurs de cette maladie par ces traitements. Ce qui justifie la corrélation positive observée entre la densité par plant des populations de pucerons et la prévalence du PVMV (Tableau 7).

5.3 Effet des différents traitements sur le rendement : Les plants de piments traités à base d'extrait aqueux de neem ($1,69 \pm 0,99$) et d'huile d'arachide ($1,44 \pm 0,77$) ont donné les plus faibles rendements. Dans le cadre de cette étude, les plants de piments traités à l'extrait aqueux de graine de neem et à l'huile d'arachide à 10% ont présenté dès la deuxième semaine de traitement des malformations des feuilles (recroquevillement et chute des feuilles), ce qui aurait réduit leur surface foliaire et par conséquent la photosynthèse. Ce phénomène serait dû à l'excès d'azadirachtine dans l'extrait aqueux de neem et à l'asphyxie des feuilles par le film qu'a formé l'huile. La concentration optimale d'extrait aqueux de neem devrait être étudiée afin d'assurer non seulement la protection phytosanitaire des plantes de piment, mais également leur productivité. L'analyse de corrélation a également prouvé que le rendement est négativement influencé par la prévalence du PVMV. Une augmentation de la prévalence entraîne une baisse de rendement.

6 CONCLUSION

La lutte contre les maladies virales du piment transmissibles sur le mode non persistant par les insectes vecteurs passe par la lutte contre ces derniers. Les différents extraits aqueux des plantes telles que: le neem, l'hyptis, l'ail se sont révélés efficaces dans la lutte contre le virus de la panachure du piment vert et de son vecteur (pucerons) à Malanville. Ils pourront ainsi servir d'alternatives aux pesticides de synthèse dans le cadre de la gestion intégrée des maladies virales du piment et de leurs vecteurs. La réduction de la

fréquence d'application des extraits végétaux et la mise au point des formulations concentrées en matières actives favoriseront l'adoption de ces différents extraits végétaux aux propriétés insecticides par les maraîchers qui estiment, trop long le temps de préparation des extraits végétaux. Aussi, une sensibilisation des maraîchers sur les effets néfastes des pesticides de synthèse sur leur santé et sur l'environnement s'avère nécessaire.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abagli Z et Alavo BC: 2011. Essential oil from bush mint, *Hyptis suaveolens*, is as effective as DEET for personal protection against mosquito bites. The Open Entomology Journal 5: 45–48.
- Adégbola P, Sodjinou E, Housou N, Singbo A: 2002. Etude financière et socio-économique des technologies de gestion de la fertilité des sols au Sud-Bénin. Non publié rapport d'étude. PAPA/INRAB. BENIN.
- Adjatin A, Dansi A, Eze S, Assogba P, Dossou-Aminon I, Akpagana K, Akoègninou A: 2013. Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin: Production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science 3: 107-120.
- Adjovi N: 2006. Monographie de la commune de Malanville. 48p.
- Afouda L, Kone D, Zinsou V, Dossou L, Kenyon L, Winter S, Knierim D: 2017. Virus surveys of *Capsicum* spp. in the Republic of Benin reveal the prevalence of pepper vein yellows virus and the identification of a previously uncharacterized polerovirus species. Archive of Virology 162: 1599-1607.
- Afouda L, Kotchofa R, Sare R, Zinsou V, Winter S: 2013. Occurrence and distribution of viruses infecting tomato and pepper in Alibori in northern Benin. Phytoparasitica 4: 271–276.
- Akaike H: 1974. A new-look at statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control AU 19: 716–722.
- Antignus Y: 2000. Manipulation of wavelength-dependant behaviour of insects: an IPM tool to impede insects and restrict epidemics of insect-borne viruses. Virus Res. 71, 213–220.
- Auger J, Dugravot S, Naudin A, Abo-Ghalia A, Pierre D, Thibout E: 2002. Utilisation des composés allelochimiques des *Allium* en tant qu'insecticides. International Organisation for Biological and Integrated Bulletin 259: 295-308.
- Auger J, Lecomte C, Thibout E: 2013. Les composés soufrés des Allium: leurs activités biologiques chez les insectes et leur production. Acta Botanica Gallica 140: 157–168.
- Avilla C, Collar JL, Duque M, Hernáiz P, Martín B, Fereres A: 1996. Cultivos barrera comométodo de control de virus no persistentes en pimiento. Boletín de Sanidad Vegetal 22: 301–307.
- Bakht J, Muhammad T, Ali H, Islam A, Shafi M: 2011. Effect of different solvent extracted sample of *Allium sativum* (Linn) on bacteria and fungi. African Journal of Biotechnology 10: 5910–5915.
- Bambara D, Tiemtoré J: 2008. Efficacité biopesticide de *Hyptis spicigera* Lam. *Azadirachta indica* A. Juss. Et *Euphorbia balsamifera* Ait. sur le niébé *Vigna unguiculata* L. Walp. Tropicultura 26: 53–55.
- Barrès B, Mottet C: 2017. La résistance aux néonicotinoïdes chez le puceron vert du pêcher: Niveau de dominance de la résistance aux néonicotinoïdes chez le puceron vert du

- pêcher (*Myzus persicae*). Les Cahiers de la Recherche. Santé, Environnement, Travail, ANSES, Résistances et méthodes alternatives. pp.29-31.
- Boquel S, Giguère MA, Clark C, Nanayakkara U, Zhang J, Pelletier Y: 2013. Effect of mineral oil on Potato virus Y acquisition by *Rhopalosiphum padi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 148: 48–55.
- Burnham KP, Anderson DR: 2004. Multimodel Inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological Methods & Research* 33: 261–304.
- Déla MA, Koffivi KG, Komina A, Arnaud A, Philippe G, Adolfe GI: 2014. Evaluation of neem leaves-based preparations as insecticidal agents against the green peach aphid, *Myzus persicae* (*Sternorrhyncha: Aphididae*). *African Journal of Agricultural Research* 9: 1344–1352.
- Dias GB, Gomes VM, Moraes TM, Zottich UP, Rabelo GR, Carvalho AO, Moulin M, Gonçalves LS, Rodrigues R, Da Cunha M: 2013. Characterization of Capsicum species using anatomical and molecular data. *Genetics and Molecular Research*: 12: 6488–6501.
- El-Ghoraba AH, Javedb Q, Anjumb FM, Hamedc SF, Shaabana HA: 2013. Pakistani Bell Pepper (*Capsicum annum* L.): Chemical Compositions and its Antioxidant Activity. *International Journal of Food Properties* 16: 18-32.
- FAOSTAT: 2017. FAOSTAT (FAO Statistics) valable sur <http://faostat.fao.org>. consulté le 01/01/2018
- Fenton B, Gaynor L, Malloch, Foster SP: 2010. Micro-evolutionary change in relation to insecticide resistance in the peach-potato aphid, *Myzus persicae*. *Ecological Entomology* 35: 131–146.
- Fereres A: 2000. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. *Virus Research* 71: 221-231.
- Gnago JA, Danho M, Agneroh TA, Fofana IK, Kohou AG: 2010. Efficacité des extraits de neem (*Azadirachta indica*) et de papayer (*Carica papaya*) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (*Abelmoschus esculentus*) et du chou (*Brassica oleracea*) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4: 953-966.
- Gnimadi A: 2008. Etude pour l'identification des filières agroindustrielles prioritaires. Programme de Restructuration et de Mise à Niveau de l'Industrie des Etats membres de l'UEMOA (PRMN). 118 p.
- Hori M: 1996. Settling inhibition and insecticidal activity of garlic and onion against *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera :Aphididae). *Applied Entomology and Zoology* 31: 605-612.
- Islam MD, Latif MA, Begum R, Razzaque MA, Akhtar Akhy A: 2007. Effect of neem oil on food consumption, growth and development of Jute hairy caterpillar, *Spilarctia obliqua* (Walker). *International Journal of Sustainable Agriculture. Technology* 3: 1–5.
- Iwu MM, Ezeugwu CO, Okunji CO, Sanson DR, Tempesta MS: 1990. Antimicrobial activity and terpenoids of the essential oil of *H. suaveolens*. *International Journal of Crude Drug Research* 28: 73-76.
- James B, Atcha-Ahowé C, Godonou I, Baimey H, Goergen G, Sikirou R, Toko M: 2010. Gestion intégrée des nuisibles en production maraîchère: Guide pour les agents de vulgarisation en Afrique de l'Ouest. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria, 120.
- Jolicoeur H: 2001. Les chasses-ours à base de poivron de cayenne. Page 13 société de la faune et des parcs du Québec ed. Direction du développement de la faune. Québec.
- Kossou DK, Atachi P, Zannou TE, Bougourou S: 2007. Evaluation de l'activité insecticide de deux plantes *Hyptis suaveolens* et *Khaya senegalensis* (A. Juss) sur les insectes ravageurs du niébé (*Vigna unguiculata*). *Sciences et Nature* 4: 17–26.
- Kulimushi E: 2014. Evaluation des effets d'insecticides botaniques sur les pucerons noirs du haricot (*Aphis fabae*) à Goma en république démocratique du Congo. *Cahiers Africains des Droits de l'Homme et de la Démocratie* 1: 365-380.

- <https://www.researchgate.net/publication/280244334>.
- Kumar R: 1991. La lutte contre les insectes ravageurs: la situation de l'agriculture africaine. Editions Karthala. ISBN 2-86537-333-9
- Lesueur F: 2006. Élaboration de formulations à base d'extraits de neem (*Azadirachta indica* juss) pour la protection de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) contre le *Myzus persicae*, un puceron colonisateur et vecteur de virus circulants et non circulants. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de Maîtrise en biologie végétale pour l'obtention du grade de maître es sciences (M.Sc.). département de phytologie faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, université laval, Québec.
- Lowery DT, Eastwell KC, Smirle MJ: 1997. Neem seed oil inhibits aphid transmission of potato virus Y to pepper. *Annals of applied biology* 130: 217-225.
- Lowery DT, Isman MB, BRARD NL: 1993. Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 86: 864-870.
- Lowery DT, Sears MK, Harmer CS: 1990. Control of Turnip mosaic virus of rutabaga with applications of oil, white wash and insecticides. *Journal of Economic Entomology* 83: 2352-2356.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, Bénin: 2016. Programme d'Appui à la Diversification Agricole (PADA): Plan de Gestion des Pests. Consulté le 14/08/2018.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche: 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole (PSRSA). Consulté le 19/03/2018.
- Mnari-Hattab M, Ezzaier K: 2013. Biological, serological, and molecular characterization of Pepper mild mottle virus (PMMoV) in Tunisia. *Tunisian Journal Plant Protection* 1: 1-12.
- Mordue AJ: 2004. Present concepts of the mode of action of azadirachtin from neem, in: *Neem: Today and in the New Millennium*. (Koul O. and Wahab S. eds.), Kluwar Academy Publishers, Dordresch, Boston, London, pp 229-242.
- Naré WA, Savadogo PW, Gnankambary Z, Nacro HB, Sedogo MP: 2015. Analyzing risks related to the use of pesticides in vegetable gardens in Burkina Faso. *Agriculture, Forestry and Fisheries* 4: 165-172.
- Philogène BJR, Regnault-Roger C, Vincent C: 2002. Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétales: promesses d'hier et d'aujourd'hui. *Dans biopesticides d'origine végétale. Sous la direction de Regnault-Roger, Philogène BJR Vincent C. Exlition Tec & Doc. Lavoisier Paris.*
- Potts MJ, Gunadi N: 1991. The influence of intercropping with *Allium* on some insect populations in potato (*Solanum tuberosum*). *Annals of applied biology* 119: 297-213.
- R Core Team: 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org>
- Saluja AK, Santani DD: 1993. Pharmacological investigation of the unsaponifiable matter of *Hyptis suaveolens*. *Fitoterapia* 64: 3-6.
- Sigrist JC, Martin T, Renou A: 1994. Effet non intentionnels des pesticides sur l'entomofaune utile des cotonniers. *Acte de la réunion phytosanitaire de coordination Cultures Annuelles-Afrique Centrale, Maroua, Cameroun.* 154-175.
- Smith FF, Johnson GV, Kahn RP, Bing A, 1964: Repellency of reflective aluminum to transient aphid-virus vectors. *Phytopathology.* 54:748
- Son D, Somda I, Legreve A, Schiffers B: 2017. Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. *Cahier Agriculture.* 26: 25005.
- Thibout E et Auger J: 1997. Composés soufrés des *Allium* et lutte contre les insectes, *Acta Botanica Gallica* 144: 419-426.
- Toé AM: 2010. Étude pilote des intoxications dues aux pesticides agricoles au Burkina Faso. *Secrétariat de la Convention de Rotterdam.* 94



- p. Disponible sur: <http://hdl.handle.net/2268/212922>.
- Tossounon GAR et Onzo A: 2015. Inventaire des acariens et insectes ravageurs associés à la culture du piment vert *Capsicum chinense* Jacq. (Solanales : Solanaceae) dans les communes de Kandi et Malanville au Nord-Bénin. Annale de l'Université de Parakou, Série Science. Naturelles et Agronomie 5: 1-11.
- Trematerra P, Lanzotti V: 1999. The activity of some compounds extracts by *Allium* on stored-product insects *Oryzaephilus surinamensis*(L.), *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Pest Science 72: 122-125.
- Uvah III, Coaker TH: 1984. Effect of mixed cropping on some insect pests of carrots and onions. Entomologia Experimentalis et Applicata 36: 159-167.
- Venâncio PC, Raimundo FS, Dias NB, Eduardo NFL, Vilela MB, de Sá Del Fiol F, Sartoratto A, Antonio RRE, Carlos GF: 2017. Antimicrobial Activity of Two Garlic Species (*Allium Sativum* and *A. Tuberosum*) Against Staphylococci Infection. In Vivo Study in Rats. Advanced Pharmaceutical Bulletin 7: 115–121.
- Wahyuni Y, Ballester AR, Sudarmonowati E, Bino RJ, Bovy AG: 2013. Secondary metabolites of *Capsicum* species and their importance in the human diet. Journal of Natural Products 76: 783–793.
- Yarou BB, Silvie P, Komlan FA, Mensah A, Alabi T, Verheggen F, Francis F: 2017. Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). Biotechnology, Agronomy, Society and Environment 21(4): 288-304.