

EFFICACITE DE L'HYDROXYDE DE CUIVRE CONTRE LA NERVATION NOIRE DU CHOU (*Brassica oleracea L.*) CAUSEE PAR LA BACTERIE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS PV. CAMPESTRIS*

M. IDRISOU-TOURE¹, R. SIKIROU^{1*}, B. ZOCLI¹, S. BELLO¹, F. OUSSOU¹, M-E. E. A. DOSSOUMOU¹

¹Laboratoire de Défense des Cultures (LDC), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-A), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 884 Cotonou, Bénin,

*Auteur correspondant E-mail : rachidatous@yahoo.fr, Tél : + 00 229 97882620

RESUME

Pour tester l'efficacité de l'hydroxyde de cuivre contre la nervation noire du chou, des expérimentations ont été conduites sur le site maraîcher de Houèto (commune d'Abomey-Calavi), au cours des grande et petite saisons de pluies de l'année 2013. Le dispositif de bloc aléatoire complet dispersé à quatre répétitions et cinq traitements a été utilisé. Les parcelles témoins, traitées avec l'oxyde de cuivre 1 kg/ha et avec l'hydroxyde de cuivre aux doses de 2,25 kg/ha, 3 kg/ha et 4,5 kg/ha étaient les traitements à comparer. La sensibilité de *Xanthomonas campestris pv. campestris* (Xcc) à l'hydroxyde de cuivre, l'incidence et la sévérité de la nervation noire du chou étaient les paramètres évalués au cours des expérimentations. La bactérie Xcc a été positivement confirmée. Pendant la grande saison de pluies, la sévérité a été significativement faible dans les parcelles traitées avec l'hydroxyde de cuivre aux doses de 3 kg/ha (7,11 %) et 4,5 kg/ha (7,09 %). Par contre, en petite saison de pluies, la maladie s'était faiblement manifestée sur tout le site expérimental avec une sévérité inférieure à 0,05 %. L'incidence était aussi plus élevée au cours de la grande saison de pluies (79,6 % à 82,5 %) comparée à la petite saison de pluies (0,9 % à 1,6 %). Les doses de 3 kg/ha et 4,5 kg/ha d'hydroxyde de cuivre ont été les plus efficaces contre la nervation noire du chou.

Mots clés : Nervation noire du chou, hydroxyde de cuivre, efficacité, *Xanthomonas campestris pv. campestris*

ABSTRACT

EFFICIENCY OF COPPER HYDROXIDE ON CABBAGE (*Brassica oleracea L.*) BLACK ROT CAUSED BY *XANTHOMONAS CAMPESTRIS PV. CAMPESTRIS*

To test the efficiency of copper hydroxide against the cabbage black rot, trials were conducted on the garden site of Houeto village (Abomey-Calavi), during the big and the short rainy seasons in 2013. The randomized complete block design with four repetitions and five treatments have been used. Untreated control plot, plot treated with copper oxide at 1 kg/ha and plots treated with copper hydroxide at 2.25 kg/ha, 3 kg/ha and 4.5 kg/ha were the five considered treatments. The susceptibility of *Xanthomonas campestris pv. campestris* (Xcc) to the copper hydroxide, the incidence and the severity of cabbage black rot, were the evaluated parameters during the two trials. Xcc was positively confirmed. During the big rainy season, the severity was significantly low in plots treated with copper hydroxide at 3 kg/ha (7.11 %) and 4.5 kg/ha (7.09 %). While during the short rainy season, the disease was weak in the whole experimental site with a severity varying between 0.02 % and 0.03 %. The incidence was also high during the big rainy season (79.6 % to 82.5 %) and weak during the short rainy season (0.9 % to 1.6 %). The doses of 3 kg/ha and 4.5 kg/ha of copper hydroxide were efficient on cabbage black rot.

Key words : Cabbage black rot, copper hydroxide, efficiency, *Xanthomonas campestris pv. campestris*

INTRODUCTION

Le chou (*Brassica oleracea* L.), plante crucifère est consommé pour ses feuilles. L'espèce *Brassica oleracea* var. *capitata* caractérisée par de jeunes feuilles regroupées vers le haut en forme de boule ou « pomme » est la plus produite dans les régions tropicales (FAO, 2000 ; James *et al.*, 2010). Les plantes crucifères, notamment le chou, ont une haute valeur nutritive et possèdent des propriétés anti cancérigènes. Ils sont une excellente source de vitamines A et C, de calcium, d'acide folique et de fer (Brunner, 2010). Le chou constitue une importante source de revenus pour les producteurs Béninois. Plusieurs contraintes freinent le développement de sa culture au Bénin (Agassounon, 2013). Il s'agit de la non maîtrise des itinéraires techniques et de l'eau, de la faible fertilité des sols, et de la sensibilité aux ravageurs et aux maladies. Parmi ces contraintes, la sensibilité aux ravageurs et aux maladies est la plus préoccupante.

Les attaques des ravageurs et des maladies, engendrent d'importantes pertes de rendement en quantité et en qualité marchande des pommes à la récolte. L'une des plus importantes pathologies du chou est la nervation noire causée par la bactérie *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc). La nervation noire est perçue dans le monde entier comme une des plus graves maladies bactériennes du chou (Griesbach *et al.*, 2003 ; Walker, 2005 ; Issazadeh *et al.*, 2012 ; Vicente et Holub, 2012 ; Nazmoon *et al.*, 2013). *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* peut infecter les plants à tous les stades de croissance et conduire à des pertes importantes de rendement (Issazadeh *et al.*, 2012 ; Nazmoon *et al.*, 2013). Cette maladie constitue un réel problème pour les maraîchers Béninois qui ne parviennent pas assez bien à la prévenir ou à lutter efficacement contre l'agent pathogène responsable.

Les niveaux de prévalence les plus élevés de la nervation noire du chou sont enregistrés en Afrique (Massomo *et al.*, 2003 ; Koike *et al.*, 2007). Pour lutter contre cette maladie, plusieurs méthodes ont été testées. Koike *et al.* (2007) ont montré que traiter les semences du chou à l'air chaud, à l'eau chaude ou avec 2 % d'hypochlorite de sodium, éliminent Xcc des semences. Le trempage des graines de chou dans de l'eau chaude à 50 °C pendant 25-30 minutes détruirait Xcc (Messiaen *et al.*, 1991 ;

Carisse *et al.*, 1999). La rotation du chou avec les Solanacées et les Cucurbitacées réduirait la maladie de nervation noire du chou au champ (Carisse *et al.*, 1999 ; Koike *et al.*, 2007). La variété du chou dénommée Early Fuji (Grubben, 2004) a été identifiée comme résistante à la maladie. Les bactéries du genre *Bacillus* ont montré une potentialité antagoniste contre la nervation noire (Wulff *et al.*, 2002 ; Massomo *et al.*, 2004). Ces méthodes de lutte nécessitent une attention particulière des applicateurs car présentent des difficultés telles que le non-respect des températures ou de la durée de traitement des semences. Par ailleurs, très peu de variétés de chou résistantes à la maladie de la nervation noire sont disponibles sur le marché. Aussi, la gestion des problèmes phytosanitaires du chou liés aux maladies et aux ravageurs, est-elle confrontée à la faible disponibilité des pesticides appropriés (Sougnabé *et al.*, 2010 ; Doumbouya *et al.*, 2012). Cela conduit à la recrudescence des maladies et ravageurs dans les agro systèmes maraîchers.

La faible disponibilité des pesticides appropriés oriente les producteurs vers l'utilisation des pesticides non recommandés. Pour combler ce manque de produits appropriés pour la gestion des maladies bactériennes en maraîchage, l'hydroxyde de cuivre a été testé contre la nervation noire en culture du chou.

MILIEU D'ETUDE

La présente étude a été conduite de juin à novembre 2013 sur le site maraîcher de Houèto, situé dans la commune d'Abomey-Calavi, plus précisément dans l'arrondissement de Togba, localisé à 6° 26, 840' de latitude Nord et 2° 18, 224' de longitude Est (Idrissou-Touré, 2014). Cette zone est caractérisée par un climat subéquatorial marqué par deux saisons de pluies et deux saisons sèches, un sol ferrallitique, un relief peu accidenté et une végétation dominée par une strate herbacée (Azontondé, 1991).

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

La variété oxylus de chou d'origine japonaise a été utilisée. Les semences ont été achetées au Bénin dans une boutique agréée de vente de semences (Bénin semences). Cette variété de chou a été identifiée susceptible à la nervation

noire du chou lors d'une enquête prospective (Idrissou-Touré, 2014).

PRODUITS TESTES

L'hydroxyde de cuivre à la teneur de 65,6 g / 100 g a été le produit testé contre la maladie en comparaison avec l'oxyde de cuivre à la teneur de 56 g / 100 g qui est le produit de référence.

ISOLEMENT ET INOCULATION DE LA BACTERIE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS*

La technique d'isolement de la bactérie utilisée est celle de Sikirou (1999). Les isolats de Xcc ont été obtenus des feuilles de chou naturellement infectées, présentant les symptômes typiques de la nervation noire. Dix-huit (18) échantillons de feuilles ont été collectés auprès des producteurs des sites maraîchers de Houéyiho et de COMAES à Cotonou, et de Houèto à Abomey – Calavi. Ces feuilles ont été rincées à l'eau de robinet puis stérilisées par nettoyage superficiel avec de l'éthanol 70 %. De petites portions de feuilles de 2 mm² ont été coupées entre les tissus sains et infectés. Les échantillons prélevés ont été séparément broyés dans des mortiers stérilisés. A chacun de ces échantillons, une goutte d'eau distillée stérilisée a été ajoutée puis complétée à 5 ml après macération complète des échantillons. Les broyats ont été dilués trois fois dans des tubes à essais et cent microlitres de chaque dilution ont été ensemencés sur le milieu NA solide (Agar 15 g, Peptone 5 g, Extrait de bœuf 3 g dans 1000 ml d'eau distillée) contenus dans des boîtes de Pétri et incubés à 30 °C. Au bout de 48 heures d'incubation, des colonies jaunes, rondes, visqueuses ont été obtenues. Les cultures pures de ces colonies isolées ont été conservées dans des tubes à essais sur milieu Yeast-Extract Dextrose Chalk (YDC) Agar (Lelliott et Stead, 1987) à 4 °C. Pour vérifier la pathogénicité des isolats, trois jeunes feuilles par plants de chou d'un mois d'âge ont été inoculées par piqûre, par coupe et par utilisation d'abrasif; à raison de cinq plants par mode d'inoculation avec un inoculum de 10⁸ CFU/ml par isolat. Douze isolats ont été testés. Chaque plant inoculé a été couvert de toile cirée puis

gardé sous abri.

SENSIBILITE *IN VITRO* DES ISOLATS DE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS*AUX PRODUITS

La sensibilité des 12 isolats de Xcc identifiés a été vérifiée. Le test a consisté à ensemencer les isolats de la bactérie sur le milieu NA préparé à base des différentes doses des fongicides utilisés. Le milieu NA sans fongicide a servi de témoin. Les boîtes ensemencées ont été incubées à 30 °C et évaluées après 48 heures.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET INSTALLATION DES ESSAIS

Le dispositif utilisé est un bloc aléatoire complet dispersé à quatre répétitions et cinq traitements. Les quatre répétitions ont été installées auprès de quatre producteurs sur le site choisi. Chaque bloc était constitué de cinq parcelles élémentaires correspondant aux cinq traitements suivants: parcelle témoin non traitée; parcelle traitée avec l'hydroxyde de cuivre à la dose de 2,25 kg/ha; parcelle traitée avec l'hydroxyde de cuivre à la dose de 3 kg/ha; parcelle traitée avec l'hydroxyde de cuivre à la dose de 4,5 kg/ha et parcelle traitée avec l'oxyde de cuivre à la dose de 1 kg/ha. Les différents produits ont été apportés aux plants de chou par application foliaire à l'aide d'un pulvérisateur de marque Topaz à pression entretenue.

Les expérimentations ont été conduites en grande saison de pluie (juin à août 2013) et en petite saison de pluie (septembre à novembre 2013). Les plantules de chou ont été repiquées après trois (3) semaines d'âge en pépinière à un écartement de 0,5 m × 0,4 m par parcelle élémentaire (6 m × 1,2 m), soit une densité de 50000 plants/ha. La fumure organique composée de fientes de volaille a été apportée à la dose de 30 t/ha à 10 Jours Après Repiquage (JAR). La fumure minérale appliquée a été le NPK (10-20-20) à la dose de 200 kg/ha et l'urée (46 %) à la dose de 100 kg/ha. Le NPK a été apporté respectivement à 25 et 45 JAR et l'urée à 25 JAR. Les produits testés ont été appliqués à une fréquence de 14 jours à partir de 7 JAR. La récolte est intervenue à 68 JAR au cours des deux expérimentations soit trois semaines après la dernière application des fongicides.

DONNEES COLLECTEES

Le nombre de plants présentant les symptômes de la maladie, le nombre de feuilles portant des taches par plant, le nombre de feuilles portant des brûlures par plant, le nombre de feuilles flétries par plant ont été les données collectées. Elles ont servi à calculer l'incidence de la nervation noire du chou et sa sévérité exprimée sous l'indice de sévérité, selon les formules suivantes :

$$\text{Incidence de la maladie : I (\%)} = \text{NPI/NTP} \times 100$$

avec NPI = nombre de plants infectés sur les lignes d'observation ; NTP = nombre total de plants sur les lignes d'observation.

$$\text{Indice de sévérité de la maladie : IS (\%)} = [(1 \times S) + (2 \times B) + (3 \times W)] / 6$$

avec S = pourcentage de feuilles portant des taches ; B = pourcentage de feuilles portant des brûlures ; W = pourcentage de feuilles flétries (Sikirou et Wydra, 2008).

ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse de variance à un critère de classification du logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9.0 a été utilisée. Elle a été portée sur l'incidence et la sévérité de la maladie. Les moyennes ont été discriminées avec le test de PPDS (Plus Petite Différence

Significative) au seuil de 5 %.

RESULTATS

SENSIBILITE DE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS* A L'HYDROXYDE DE CUIVRE

Les isolats de Xcc ont uniquement germé sur le milieu NA sans hydroxyde de cuivre. Sur les milieux de culture préparés à base d'hydroxyde et d'oxyde de cuivre, 0 CFU/ml de broyats a été compté contre en moyenne 10^5 CFU/ml sur le milieu témoin sans hydroxyde ou oxyde de cuivre.

EFFET DE L'HYDROXYDE DE CUIVRE SUR L'INCIDENCE DE LA NERVATION NOIRE DU CHOU

Au cours de la grande saison de pluies : les résultats d'analyse de variance relatifs à l'incidence moyenne de la nervation noire du chou ne révèlent aucune différence significative entre les différents traitements ($p > 0,05$). L'incidence de la maladie a cru durant tout le cycle cultural du chou. Cet accroissement a été plus rapide dans les parcelles non traitées surtout à 30 JAR où elle a pratiquement doublé (51 %). Par contre dans les parcelles traitées, l'évolution de la maladie a été lente et a varié entre 13 % et 38 % pour toutes doses et produits confondus (Tableau 1).

Tableau 1 : Incidence (%) de la nervation noire du chou au cours de la grande saison de pluie après application de l'hydroxyde de cuivre aux plants.

Incidence (%) of cabbage black rot during the big rainy season after copper hydroxide application

Traitements	Incidence par période d'observations (JAR)				Incidence moyenne (%)
	16	30	44	58	
Témoin	39,2 ± 17,1a	80,7 ± 18,9a	98,7 ± 3,5ab	100 ± 0a	79,6 ± 27,8a
HC 2,25 kg/ha	56,2 ± 16a	65,0 ± 24,5a	100 ± 0a	100 ± 0a	80,3 ± 24,6a
HC 3 kg/ha	48,7 ± 18,8a	72,5 ± 23,1a	98,7 ± 3,5ab	100 ± 0a	80,0 ± 25,8a
HC 4,50 kg/ha	47,5 ± 19,8a	77,5 ± 11,6a	95,0 ± 7,6ab	100 ± 0a	80,0 ± 23,8a
OC 1 kg/ha	53,7 ± 16,8a	77,5 ± 17,5a	98,7 ± 3,5ab	100 ± 0a	82,5 ± 22,4a

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes suivant le test de PPDS au seuil de 5 % ; JAR = jour après repiquage, HC = Hydroxyde de cuivre, OC = Oxyde de cuivre

Au cours de la petite saison de pluies: l'incidence moyenne de la nervation noire du chou et celles par période d'observation n'ont montré aucune différence significative entre les traitements (p

$> 0,05$). L'incidence moyenne de la maladie a été en général faible et a varié entre 0,9 % et 1,6 % (Tableau 2).

Tableau 2 : Incidence (%) de la nervation noire du chou au cours de la petite saison de pluie après application de l'hydroxyde de cuivre aux plants.*Incidence (%) of cabbage black rot during the short rainy season after copper hydroxide application*

Traitements	Incidence par période d'observations (JAR)				Incidence moyenne
	16	30	44	58	
Témoin	0 ± 0a	0 ± 0a	1,3 ± 3,5a	2,5 ± 7,1a	0,9 ± 3,9a
HC 2,25 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	1,3 ± 3,5a	3,7 ± 5,2a	1,3 ± 3,4a
HC 3 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	3,7 ± 7,4a	0,9 ± 3,9a
HC 4,50 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	1,3 ± 3,5a	5 ± 5,4a	1,6 ± 3,7a
OC 1 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	1,3 ± 3,5a	3,7 ± 7,4a	1,3 ± 4,2a

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes suivant le test de PPDS au seuil de 5%; JAR = jour après repiquage, HC = Hydroxyde de cuivre, OC = Oxyde de cuivre

EFFET DE L'HYDROXYDE DE CUIVRE SUR LA SEVERITE DE LA NERVATION NOIRE DU CHOU

Au cours de la grande saison de pluies: la sévérité moyenne de la nervation noire du chou exprimée par l'indice de sévérité moyen a montré une différence significative entre les traitements

($p < 0,05$). L'indice de sévérité moyen a été significativement élevé au niveau des parcelles témoins non traitées et faible au niveau des parcelles traitées. Il a été noté que l'indice de sévérité a aussi évolué dans le temps et n'a été significativement élevé au niveau des parcelles témoins qu'à partir de 44 JAR (Tableau 3).

Tableau 3 : Sévérité (%) de la nervation noire du chou exprimée par l'indice de sévérité au cours de la grande saison de pluie après application de l'hydroxyde de cuivre aux plants.*Severity (%) of cabbage black rot during the big rainy season after copper hydroxide application.*

Traitements	Sévérité par période d'observations (JAR)				Sévérité moyenne
	16	30	44	58	
Témoin	2,73 ± 6,4a	5,03 ± 6,8a	10,59 ± 4,6a	16,10 ± 5,7a	8,61 ± 7,9a
HC 2,25 kg/ha	3,16 ± 3,5a	3,61 ± 3,9a	9,15 ± 4,9ab	14,33 ± 5,9b	7,56 ± 6,5ab
HC 3 kg/ha	2,81 ± 3,4a	3,57 ± 3,8a	8,43 ± 4,6b	13,67 ± 4,8bc	7,11 ± 6b
HC 4,50 kg/ha	2,86 ± 4,9a	3,71 ± 4,1a	8,04 ± 6,4b	13,76 ± 5,6bc	7,09 ± 6,8b
OC 1 kg/ha	3,24 ± 4,2a	4,94 ± 4,8a	9,51 ± 4,3ab	12,51 ± 5,9c	7,55 ± 6,1ab

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes suivant le test de PPDS au seuil de 5%; JAR = jour après repiquage, HC = Hydroxyde de cuivre, OC = Oxyde de cuivre

Au cours de la petite saison de pluies : Les indices de sévérité moyens et ceux notés par période d'observation n'ont pas été significativement différents ($p > 0,05$). L'indice de sévérité

a été très faible lors de la petite saison de pluie. Il était inférieur à 1 % dans tous les traitements (Tableau 4).

Tableau 4 : Sévérité (%) de la nervation noire du chou exprimée par l'indice de sévérité au cours de la petite saison de pluie après application de l'hydroxyde de cuivre aux plants.

Severity (%) of cabbage black rot during the short rainy season after copper hydroxide application.

Traitements	Sévérité par période d'observations (JAR)				Sévérité moyenne
	16	30	44	58	
Témoin	0 ± 0a	0 ± 0a	0,01 ± 0,1a	0,05 ± 0,3a	0,02 ± 0,2a
HC 2,25 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	0,02 ± 0,02a	0,08 ± 0,4a	0,03 ± 0,2a
HC 3 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	0 ± 0a	0,06 ± 0,4a	0,02 ± 0,2a
HC 4,50 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	0,03 ± 0,3a	0,09 ± 0,5a	0,03 ± 0,3a
OC 1 kg/ha	0 ± 0a	0 ± 0a	0,01 ± 0,1a	0,08 ± 0,4a	0,02 ± 0,2a

Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes suivant le test de PPDS au seuil de 5%; JAR = jour après repiquage, HC = Hydroxyde de cuivre, OC = Oxyde de cuivre

DISCUSSION

Les résultats des tests de pathogénicité au laboratoire ont identifié la bactérie isolée comme étant *Xcc* et l'ont confirmé comme responsable des symptômes observés sur les plants de chou, sur les sites maraîchers au Sud du Bénin.

Lorsque la bactérie *Xcc* était cultivée sur les milieux nutritifs préparés à base d'hydroxyde et d'oxyde de cuivre, aucune germination n'a été obtenue. Ce résultat montre que les produits testés sont actifs et que les isolats de la bactérie *Xcc* présents dans le milieu d'étude n'ont pas développé une résistance au cuivre. L'efficacité des produits (Hydroxyde de cuivre et Oxyde de cuivre) sur le développement de la maladie, s'explique par le fait que le cuivre qui est la principale matière active a inhibé le développement de *Xcc*. Nos résultats corroborent ceux de Petit (2001) et Girard (2004) qui ont démontré que le cuivre agit par contact et bloque le processus respiratoire de la bactérie par un ralentissement de la biosynthèse des protéines, une diminution de l'activité membranaire et des facultés d'assimilation. Par contre, Giraud *et al.* (2007) puis Villeneuve (2008) ont critiqué l'utilisation excessive et répétée des produits contre les bactéries, notamment ceux à base de cuivre, qui sont d'excellents facteurs de développement de résistance des microorganismes. Cette pratique rend difficile la gestion des maladies induites par les bactéries de type *Xanthomonas campestris*. Ce point de vue avait été perçu par Villeneuve (2008) ainsi que par Provost *et al.* (2012) qui ont envisagé la nécessité de combiner plusieurs produits ayant des modes d'action différents afin de mieux gérer

les maladies bactériennes de façon à minimiser les risques de développement de résistance. Ces auteurs ont soutenu leurs points de vue en expliquant que les affections bactériennes sont mieux combattues avec une combinaison de cuivre, de mancozèbe, de cymoxanyl et de famoxadone. Rüegg *et al.* (2008) travaillant sur l'alternariose du chou, avaient révélé une meilleure efficacité de l'hydroxyde de cuivre combiné à l'alcool terpénique.

Par ailleurs, les résultats ont montré que l'incidence et la sévérité de la maladie sont élevées pendant la grande saison des pluies et faible pendant la petite saison pluvieuse. Au cours des deux saisons, aucune différence significative n'a été observée entre les parcelles pour l'incidence. Par contre, la sévérité a été significativement faible dans les parcelles traitées à l'hydroxyde de cuivre aux doses de 3 et 4,5 kg/ha comparativement au témoin. Ce résultat se justifie par la présence de molécules de cuivre qui ont réduit le développement des bactéries dans les feuilles de chou. Les mêmes constats ont été faits par Haougui et Abdou (2013) qui ont démontré que l'hydroxyde de cuivre a significativement réduit l'incidence de la gale bactérienne en culture de tomate de plus de 50 % comparativement au mancozèbe dans les conditions climatiques du Niger. Nos résultats ont aussi montré que les niveaux d'incidence et de sévérité sont significativement élevés, pendant la grande saison de pluies comparativement à la petite saison de pluies. Cette observation peut se justifier par les quantités de pluies, et les températures élevées enregistrées au cours de la grande saison de pluies (382,2 mm de pluies et 28,2 °C - 31,5 °C)

comparativement à la petite saison de pluies (234,2 mm de pluies et 24,1 °C - 25,8 °C). Les niveaux élevés d'incidence et de sévérité de cette maladie du chou obtenus au cours de notre étude pendant la grande saison pluvieuse sont imputables à l'humidité constante entretenue par l'arrosage et au régime pluviométrique enregistré. Nos résultats confirment les travaux de Latour *et al.* (2008), de Platt (2008) puis de Vicente et Holub (2012), selon lesquels l'humidité est un des facteurs primordiaux de développement des maladies bactériennes. Selon Carisse *et al.* (1999), les variations thermiques et l'humidité ambiante sont des facteurs qui influencent les niveaux d'infestation de la nervation noire du chou. Le contact entre les gouttelettes d'eau et les plants présentant les symptômes de la nervation noire assure la dissémination des bactéries, alors que l'expansion de la maladie dépend de l'intensité des pluies et du vent (Carisse *et al.*, 1999).

Dans les parcelles traitées avec l'hydroxyde de cuivre, la sévérité a été significativement faible aux doses les plus élevées (3 et 4,5 kg/ha). Nos résultats ont montré que l'hydroxyde de cuivre qui est le produit testé et l'oxyde de cuivre qui est le produit de référence ont été efficaces au même titre. Cependant, l'efficacité de l'oxyde de cuivre est faible par rapport à celle de l'hydroxyde de cuivre. Cette faible efficacité de l'oxyde de cuivre a été aussi démontrée par plusieurs auteurs selon lesquels l'oxyde de cuivre libère moins d'ions cupriques avec une mauvaise adhérence foliaire contrairement à l'hydroxyde (Petit, 2001 ; Girard, 2004)

En considérant les trois doses d'hydroxyde de cuivre testées, aucune différence significative n'a été observée. Cependant, l'utilisation de la dose de 2,25 kg/ha bien que produisant les mêmes effets que les doses 3 et 4,5 kg/ha, faire courir plus de risques phytosanitaires aux producteurs du chou. Pour des raisons économiques et de protection de l'environnement, la dose de 3 kg/ha de l'hydroxyde de cuivre pourrait être conseillée aux producteurs.

CONCLUSION

Cette étude confirme que la maladie de la nervation noire du chou est causée par *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* au Bénin. Il ressort aussi que le développement de la nervation noire du chou est favorisé par une

forte humidité. L'hydroxyde de cuivre contrôle efficacement la nervation noire du chou. Toutefois pour une meilleure efficacité, la dose de 3 kg/ha est recommandée.

REFERENCES

- Agassounon T. 2013. Test de l'efficacité biologique de l'insecticide Callifan Extra (Bifenthrine 120 g/l + Acétamipride 32 g/l) contre les ravageurs du chou au sud du Bénin. Mémoire de fin de formation pour l'obtention de la Licence professionnelle en Production Végétale. EPAC/UAC. Abomey-Calavi, Bénin, 31 p.
- Azontondé H. A. 1991. Propriétés physiques et hydrauliques des sols du Bénin. In: Sivakumar M. V. K., Wallace J. S., Renard C., Giroux C., eds. Proceedings of the International Workshop, Soil Water Balance in the Sudano Sahelian Zone, February 1991, Niamey, Niger. IAHS Publ. no. 199. Wallingford, UK: IAHS Press, Institute of Hydrology, pp 249 - 258.
- Brunner A. 2010. Jamais trop chou ! Editions la Plage, 72 p.
- Carisse O., Wellman-Desbiens E., Vicky T., Otis T. 1999. NERVATION NOIRE : comment la prévenir ? Centre de Recherche et Développement en Horticulture, Québec, 4 p.
- Doumbouya M., Abo K., Lepengue A. N., Camara B., Kanko K., Aidara D., Koné D. 2012. Activités comparées in vitro de deux fongicides et deux huiles essentielles sur des champignons telluriques des cultures maraîchères en Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 50 : 3520 - 3532.
- FAO. 2000. Cahier de Production et Protections Intégrées du chou. Projet FAO-GCP/RAF/244/BEL, Dakar, 116 p.
- Girard H. 2004. Le cuivre : origines, usages et différentes formes. In: Journées techniques viticulture biologique, Avignon les 8 et 9 décembre 2004, Editions ITAB, pp 73 - 89.
- Giraud M., Prunet J. P., Chevallier A., Romain S. 2007. La bactériose du noyer. Evolution des populations de *Xanthomonas* en verger. *Infos-ctiff*, 230 : 38 - 42.
- Griesbach E., Loptien H., Miersch U. 2003. Resistance to *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson in cabbage *Brassica oleracea* L. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110 (5) : 461 - 475.

- Grubben G. J. H. 2004. Légumes. Volume 2 de Ressources végétales de l'Afrique Tropicale. Editions Protas, 737 p.
- Haougui A., Abdou M. 2013. Efficacité biologique de l'Hydroxyde de cuivre, fongicide-bactéricide, contre les maladies foliaires de la tomate au champ. *Open Science Repository Agriculture* : 70081962.
- Idrissou-Touré M. 2014. Test d'efficacité du fongicide « IDEFIX 40 WP hydroxyde de cuivre 65,6 g/100 g » contre la nervation noire du chou causée par *Xanthomonas campestris pv. campestris*. Mémoire de Master professionnel en Sciences et Techniques de Production Végétale, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest (Cotonou, Bénin), 71 p.
- Issazadeh K., Rad S. K., Zanabi S., Rahimibashar M. R. 2012. Antagonism of *Bacillus* species against *Xanthomonas campestris pv. campestris* and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. *African Journal of Microbiology Research*, 6 (7) : 1615 - 1620.
- James B., Atcha-Ahowe 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 p.
- Koike S. T., Gladders P., Pauls A.O. 2007. Vegetables diseases: A color handbook. Plant protection handbook series. Gulf Professional Publishing, 448 p.
- Latour X., Faure D., Diallo S., Cirou A., Smadja B., Dessaux Y., Orange N. 2008. Lutte contre les maladies bactériennes de la pomme de terre dues aux *Pectobacterium* spp. (*Erwinia carotovora*). *Cahiers Agricultures*, 17 (4) : 355 - 360.
- Lelliott R. A., Stead D. E. 1987. Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants. Blackwell Scientific Publications. Oxford, 216 p.
- Massomo S. M. S., Nielsen H., Mabagala R. B., Mansfeld-Giese K., Hockenhull J., Mortensen C. N. 2003. Identification and characterization of *Xanthomonas campestris pv. campestris* strains from Tanzania by pathogenicity tests, Biolog, rep-PCR and fatty acid methyl ester analysis. *European Journal of Plant Pathology*, 109 : 775 - 789.
- Massomo S. M. S., Mortensen C. N., Mabagala R. B., Newman M. A., Hockenhull J. 2004. Biological Control of Black Rot (*Xanthomonas campestris pv. campestris*) of Cabbage in Tanzania with *Bacillus* strains. *Journal of Phytopathology*, 152 : 98 - 105.
- Messiaen C. M., Blanchard D., Rouxel F., Lafon R. 1991. Les maladies des plantes maraîchères : Du labo au terrain. Editions Quae, 552 p.
- Nazmoon N. T., Doullah A., Shimizu M., Karim M., Kawanabe T., Fujimoto R., Okazaki K., 2013. Comparison of positions of QTLs conferring resistance to *Xanthomonas campestris pv. campestris* in *Brassica oleracea*. *American Journal of Plant Sciences*, 4 : 11 - 20.
- Petit J. L. 2001. Tout cuivre or not tout cuivre. Les quatre saisons du jardinage. N° 126. 4 p.
- Platt R. 2008. Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. *Cahiers Agricultures*, 17 (4) : 361 - 367.
- Provost C., Guerra N., Caron L. 2012. Evaluation de nouveaux agents bactéricides contre deux maladies bactériennes des tomates de champ. Programme de Soutien à l'Innovation Horticole. Québec, 3 p.
- Rüegg J., Total R., Heller W. 2008. Efficacité insuffisante du cuivre contre la maladie des taches noires du chou (*Alternaria* sp.) sur chou de Chine en 2007. Station de Recherches Agroscope Changins Wädenswil ACW, 4 p.
- Sikirou R. 1999. Epidemiological investigations and development of integrated control methods of bacterial blight of cowpea, caused by *Xanthomonas campestris pv. vignicola* (Burkholder) Dye. Thèse de Doctorat, Université de Göttingen, Allemagne, 219 p.
- Sikirou R., Wydra K. 2008. Effect of intercropping cowpea with maize or cassava on cowpea bacterial blight and yield. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115 (4) : 145 - 151.
- Sougnabé S. P., Yandia A., Acheleke J., Brevault T., Vaissayre M., Ngartoubam L. T. 2010. Pratiques phytosanitaires paysannes dans les savanes d'Afrique centrale. In: Seiny-Boukar L., Boumard P. (éditeurs scientifiques), 2010. Actes du colloque « Savanes africaines en développement : innover pour durer », 20 - 23 avril 2009, Garoua, Came-

- roun, pp 1 - 13.
- Vicente J. G., Holub E. B. 2012. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Molecular Plant Pathology*, 14 (1) : 2 - 18.
- Villeneuve C. 2008. Lutte aux bactéries et résistance au cuivre dans le poivron et la tomate. Conférence des Journées horticoles de Saint Rémi. Document Agri réseau, 7 p.
- Walker G. 2005. Profil de la culture du chou et du brocoli au Canada. Agriculture et Agroalimentaire. Ottawa (Ontario), 47 p.
- Wulff E. G., Mguni C. M., Mortensen C. N., Keswani C. L., Hockenhull J. 2002. Biological Control of Black Rot (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) of Brassicas with an antagonistic strain of *Bacillus subtilis* in Zimbabwe. *European Journal of Plant Pathology*, 108 : 317 - 325.