



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Evaluation expérimentale de trois protocoles de traitement phytosanitaire et de l'effet de la fertilisation organo-minérale sur le mildiou et la rentabilité de la culture de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) à l'Est- Cameroun

Experimental assessment of three protocols of phytosanitary treatment and the effect of organic and mineral fertilization on late blight and profitability of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in East region of Cameroon.

Joseph Djeugap Fovo^{1*}, Cédric Martial Tziemi Tchatchouang^{1,2}, Diane Michèle Nkouankwi¹ et Linda Sob Djougne¹

¹Laboratoire de Phytopathologie, Département de Protection des Végétaux, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, B.P. 222 Dschang, République du Cameroun.

²Laboratoire de Phytopathologie, Service de développement, SEMAGRI, B.P. 5655 Douala, République du Cameroun

*Auteur correspondant Email : joseph.djeugap@univ-dschang.org

Tel : +237 697 888 984 (Cameroun); +254 731 022 234 (Kenya)

ARTICLE INFO

Reçu : 01/03/2016

Accepté : 15/07/2106

Mots Clés :

Traitement phytosanitaire, Fientes de poule, NPK : 20-10-10, Contrôle du mildiou, Tomate, Rentabilité, Est-Cameroun.

Key words:

Phytosanitary treatment, Poultry manure, NPK: 20-10-10, Late blight control, Tomato, East Cameroon.

RÉSUMÉ

La culture de la tomate de plus en plus pratiquée dans la région de l'Est-Cameroun grâce à sa proximité avec les marchés des pays voisins, est compromise par une maladie épidémique très ancienne, le mildiou et la pauvreté des sols. Pour résoudre ce problème, les maraîchers font un usage anarchique des pesticides et de fertilisants minéraux qui pourraient causer des problèmes environnementaux. L'objectif de cette étude était d'améliorer la productivité de la culture de tomate dans la région de l'Est-Cameroun à travers une gestion rationnelle et intégrée des pesticides et de fertilisants. Trois protocoles de traitement phytosanitaires (P₁, P₂ et P₃) associés à quatre fertilisations (F₀, F₁, F₂ et F₃) ont été élaborés en vue d'évaluer leur efficacité dans la lutte contre le mildiou et la rentabilité de la culture de tomate dans un dispositif expérimental en split plot dans lequel protocoles de traitements phytosanitaires et types de fertilisations constituaient les variables expérimentales. Le Mancozèbe à 2 kg/ha associé l'Azoxystrobine (1litre/ha) réduit significativement la sévérité du mildiou autant que le Mancozèbe appliqué seul à 2,5 kg/ha (P<0,05). L'utilisation judicieuse des pesticides telle que recommandée dans le protocole P₁ a permis d'obtenir un bénéfice à l'hectare de 6.139,924 euros (4.027.526 FCFA). L'utilisation de la fiente de poules à la dose de 10 t/ha associée à la fertilisation minérale au NPK 20-10-10 (100 g/m²) (F₁) offre un rapport valeur-coût de 2,49 et une rentabilité de 149,51%. La culture de la tomate soumise au protocole P₁ et à la fertilisation F₁ est rentable dans cette région forestière du Cameroun où les populations dépendent quasiment de la vente du bois, du cacao et du manioc.

Abstract

Tomato cultivation which is increasing in the East region of Cameroon because of the proximity of markets of neighboring countries is compromised by an old epidemic disease, late blight and by poor soils. To solve this problem, farmers usually use large quantities of pesticides and mineral fertilizations that could cause

many environmental hazards. The objective of this study was to improve the productivity of tomato in this region through rational and integrated management of pesticides and fertilizers. Three protocols of phytosanitary treatments (P_1 , P_2 and P_3) associated with four fertilizations (F_0 , F_1 , F_2 and F_3) were developed to assess their effectiveness in the control of late blight and the profitability of tomato cultivation within a split plot experimental design where the main variables were the protocols of pesticides application and the types of fertilization. Mancozeb applied at 2 kg/ha associated with Azoxystrobin (1liter/ha) significantly reduced the severity of downy mildew as well as Mancozeb applied only at 2.5 kg/ha ($P < 0.05$). Judicious use of pesticides as recommended in the phytosanitary treatment protocol P_1 gives a profit of 6,139.924 euro (4,027,526 FCFA) per hectare. The use of poultry manure at 10 t/ha associated with mineral fertilizer NPK 20-10-10 at 100 g/m² (F_1) offers value-cost ratio of 2.49 and a profitability of 149.51%. Tomato cultivation subjected to the protocol P_1 and fertilization F_1 is profitable in this forest region of Cameroon where people almost depend on the sale of timber, cocoa and cassava.

1. Introduction

Au Cameroun, la culture de la tomate est source de devises et d'emploi ; elle est cultivée sur toute l'étendue du territoire national et fait partir des légumes les plus produits et consommés (PROTA, 2008). Sa production se chiffre à 572 219 tonnes (MINADER, 2012). La tomate est principalement cultivée dans la Région de l'Ouest Cameroun qui représente 62% de la production nationale contre environ 1% pour la région de l'Est dominée par la culture du cacao et du manioc (MINADER, 2012). Cependant, la région de l'Est offre de grandes potentialités et perspectives pour la culture de la tomate à cause de la proximité des marchés sous-régionaux (Gabon et RCA). Malgré les efforts réalisés, la production reste très faible du fait des maladies dont la plus importante est le mildiou causé par *Phytophthora infestans*, qui engendre des pertes de production atteignant 100% (Fontem, 2003) et de la pauvreté des sols (acidité élevée et faible capacité d'échange cationique). De nombreuses recherches menées visent à contrôler cette maladie épidémique à travers l'utilisation des fongicides de synthèse. C'est d'ailleurs, la seule méthode de lutte qui permet de contrôler cette épidémie à des niveaux économiquement rentables au Cameroun où divers fongicides à base de manèbe, mancozèbe, oxyde de cuivre et de métalaxyl sont utilisés par les maraîchers. Cependant, les producteurs ne respectent pas toujours les recommandations d'utilisation de ces pesticides prescrites lors de leur homologation. On rencontre donc plusieurs protocoles de traitement phytosanitaire développés par ces derniers pour le contrôle du mildiou de la tomate au Cameroun. Cette attitude pourrait entraîner des problèmes tels la résistance du parasite, la pollution de l'environnement, la présence de résidus de pesticide sur les récoltes et l'augmentation des coûts de production. Par ailleurs, d'après Hoitink et Fahy (1986), la fertilisation minérale peut entraîner la baisse du rapport C/N et favoriser une croissance végétative rapide, créant ainsi des conditions d'humidité favorable au développement des maladies dont le mildiou. Aucune étude de l'évaluation des pesticides, ni de l'effet de la fertilisation sur la rentabilité de la culture de la tomate n'a encore été faite ni dans cette région, ni ailleurs au Cameroun. C'est dans ce contexte que cette recherche a été effectuée afin de juguler cette situation. La présente étude évalue donc trois protocoles de traitement phytosanitaire combinés à la fertilisation minérale et organique afin d'améliorer la production et la rentabilité de la culture de la tomate dans la région de l'Est Cameroun.

2. Matériels et Méthodes

Zone d'étude et dispositif expérimental

L'étude a été conduite dans la localité de Ndoumbi située à l'Est-Cameroun (altitude: 670 m, latitude Nord: 04°33'07,7'' et longitude Est: 13°32'40,5''), qui appartient à la zone agro-écologique forestière à pluviométrie bimodale. La protection phytosanitaire (facteur principal) et le type de fertilisation (facteur secondaire) ont constitué les variables expérimentales dans un dispositif expérimental en split plot, sur des unités expérimentales de 192 m² chacune. L'essai s'est déroulé vers la fin de la saison de pluie (octobre à janvier). Les plants ont été repiqués aux écartements de 1 m x 0,45 m (soit une densité de 2222 plants/ha) sur un site qui n'a pas reçu la culture d'une Solanaceae durant les cinq dernières années. Chaque bloc était séparé de la suivante d'une distance de 1,5m et dans chaque bloc, chaque sous-parcelle était distante de 1 m de la suivante. La variété de tomate utilisée était la Rio Grande, une variété exotique résistante aux maladies (LVP, 2013). Le désherbage a été régulier et manuel.

Composition et application des protocoles de traitement phytosanitaire

La composition des protocoles de traitement phytosanitaires ainsi que le planning des traitements phytosanitaires sont présentés dans le tableau 1. La protection phytosanitaire comprenait 03 protocoles (P_1 , P_2 et P_3). Le protocole P_1 est caractérisé par l'application hebdomadaire du PLANTIZEB 80 WP (Mancozèbe) à la dose de 2,5 kg/ha pendant 10 semaines successives associée à l'insecticide LAMIDA GOLD 90 EC (Imidaclopride + Lambda-Cyhalothrine) à la dose de 1litre/ha durant les 5 premières semaines et à l'insecticide CYGONE 360 EC (Cyperméthrine) à la dose de 1 litre/ha durant les 5 dernières semaines par cycle de production. Le protocole P_2 est caractérisé par 09 applications de COGA 80 WP (Mancozèbe) à la dose de 2 kg/ha, 01 application d'AZOX 250 SC (Azoxystrobine) à 2 kg/ha et 05 applications de trois insecticides. Le protocole intermédiaire (P_3) est caractérisé par 03 applications de COGA 80 WP (Mancozèbe) à 2 kg/ha, 03 applications d'AZOX 250 SC (Azoxystrobine) à 2 kg/ha et 05 applications de deux insecticides (Tableau 1). Les traitements phytosanitaires ont débuté 7 jours après repiquage (JAR) dès l'apparition des premiers symptômes du mildiou à l'aide d'un pulvérisateur à dos. Chaque sous-parcelle était entourée d'un dispositif mobile en contreplaqué permettant d'éviter la dérive des bouillies d'une sous-parcelle à une autre.

Application de la fertilisation

La fertilisation organo-minérale a été constituée d'un témoin (F_0) caractérisé par l'absence de tout fertilisant, de la combinaison fiente de poule (10 t/ha) + NPK : 20-10-10 (100 g/m²) (F_1), de la combinaison fiente de poule (10 t/ha) + NPK : 12-14-19 (100 g/m²) (F_2) et enfin de la fiente de poules seule (25 t/ha) (F_3). La fiente de poule a été appliquée par épandage sur les unités expérimentales labourées sept jours avant repiquage (JAR) puis mélangée avec la terre à l'aide d'un râteau. L'engrais minéral (NPK : 20-10-10 ou 12-14-19) a été appliqué en couronne à 5 cm de la tige 7 jours après repiquage lorsque les plantules ont repris leur croissance et répété dès l'apparition des premières fleurs à 10 cm de la tige (Ngambeket, 2014).

Variables expérimentales et collecte des données

Les variables expérimentales de l'étude ont été : le nombre de jours pour atteindre la première floraison et la première fructification, le nombre de jours pour atteindre 50% de la floraison et 50% de la fructification, la sévérité du mildiou (en %), les valeurs de l'aire standardisée sous la courbe de progression de la maladie (ASSCPM, en %), le taux d'infection du mildiou (R) exprimé en unité par jour (u/j) et les rendements totaux et commercialisables (t/ha). Le taux d'infection (R) de Van Der Plank qui exprime la vitesse d'augmentation ou de diminution de la maladie au cours du temps a été déterminé à partir des valeurs de la sévérité après transformation logarithmique, $\ln [x/(1+x)]$ (Campbell et Madden, 1980 ; Agrios, 2005). L'ASSCPM permet d'évaluer la sévérité du mildiou au cours du temps. Elle a été calculée suivant la formule: $ASSCPM = \sum [(y_i + y_{i+1}) \times (t_{i+1} - t_i)] / 2 (t_n - t_1)$ où y_i est la sévérité du mildiou au temps t_i et n le nombre total d'observations (Campbell et Madden, 1990). Les rendements (RDT) ont été obtenus à partir des masses (en g) des fruits puis convertis en t/ha suivant la formule: $RDT (t/ha) = (m_i \times 22222) / 6$ où m_i est la masse cumulée des récoltes de chaque sous-parcelle (en tonne) et 22222, la densité de plants de tomate à l'hectare. La mesure de la sévérité du mildiou a débuté dès l'apparition des premiers symptômes de la maladie et s'est poursuivie hebdomadairement en utilisant l'échelle de mensuration de Horfall-Barrat (Agrios, 2005). Toutes les données ont été collectées sur les 6 plants situés au centre de chaque unité expérimentale.

Evaluation économique des protocoles de traitements phytosanitaires

L'évaluation de la rentabilité économique des protocoles de traitements phytosanitaires et de l'application de la fertilisation organique et minérale a été faite en utilisant la budgétisation partielle (Alima et Manyong, 2000) étant donné que les coûts de la préparation du terrain, de la confection et de l'entretien de la pépinière, de la transplantation, du désherbage, de l'application de la fertilisation et de la gestion des insectes ravageurs était le même pour tous les traitements. L'évaluation économique a tenu compte du rendement, du coût des traitements appliqués, du coût de récolte et du coût de la tomate au kilogramme. Les relations suivantes ont permis d'établir la rentabilité pour le cycle de production : Coût de vente = rendement (en kg) x coût de vente au kg ; Coût de protection phytosanitaire = coût total d'achat des pesticides + coût total de la main d'œuvre de pulvérisation; Coût de la main d'œuvre lié à la pulvérisation est estimé à 1500 FCFA (2,286 euros) /HJ soit 4500 FCFA pour 03 hommes/jour à l'hectare. Le coût de traitement phytosanitaire (CTP) d'un hectare de tomate a été calculé suivant la relation, $CTP = [(Q \times CP) + CL] n$, où Q = quantité de pesticide appliquée, CP = coût d'achat du pesticide, CL = coût de la main d'œuvre destinée à l'application du pesticide à l'hectare et n = nombre de fois que le pesticide a été appliqué. La rentabilité nette (c) due à l'application des pesticides est la différence de la rentabilité totale sur les sous-parcelles traitées et non traitées ($c = a - b$). Le bénéfice net (e) = rentabilité nette – coût total lié à l'application des pesticides (d), soit ($e = c - d$). Le coût lié à la récolte =

rendement (en kg) x coût de récolte du kg. Dans la zone d'étude, une caisse de 85kg de tomate est récoltée à 500 FCFA (0,762 euro) soit 5,9 FCFA le kg. Bénéfice = Coût de vente – (Coût de protection phytosanitaire + Coût lié à la récolte). Le coût d'un kilogramme de tomate sur le marché local est de 0,53 euro soit 350 FCFA. D'après Gockowski et Ndoumbe (1997), la marge commerciale légumière est en moyenne de 27,5 %. Ainsi, le kilogramme de tomate en champ a donc été estimé à 0,385 euro soit 253 FCFA.

Evaluation économique de la fertilisation organique et minérale

L'évaluation de la rentabilité de l'application des fertilisants a été faite sur la base des données telles que : le bénéfice net (BN), l'indice de productivité et le rapport valeur-coût (Bureau *et al.*, 1989 ; Charland *et al.*, 2001). Le taux de rentabilité (TR) et le rapport valeur sur coût (RVC) ont été pris en compte dans l'étude pour apprécier la rentabilité des types de fumure testés. D'après la FAO (2005), il existe une relation entre le rapport valeur-coût et le taux de rentabilité qui est $TR (\%) = (RVC - 1) \times 100$. En effet, une fumure dont le RVC est supérieur à 2 en zone humide est considéré comme rentable et peut être vulgarisé auprès des producteurs. Le RVC est le rapport entre la valeur monétaire du rendement de la récolte supplémentaire (Vmrs) et le coût de revient des engrais (CRE). Le CRE quant à lui est égal à la somme du coût d'achat de l'engrais (CAE), du coût lié au transport (CT), du coût du travail lié à la récolte supplémentaire (CTRS), du coût lié à l'épandage (CE) et de l'intérêt sur l'investissement (ISI) pendant la période de culture. L'ISI se calcule comme suit : $ISI = [(CAE+CT+CTRS+CE) \times 4,25\% \times NJ] / 365$ où NJ est le nombre de jour entre la première fertilisation et la dernière récolte; 4,25% le taux d'intérêt dans l'économie camerounaise. L'épandage du fumier et de l'engrais minéral nécessite respectivement 35 et 25 Homme jour (HJ). La valeur monétaire du rendement de la récolte supplémentaire (Vmrs) est égale au produit de la production supplémentaire (PSup) par rapport au témoin pour chaque type de fertilisation et le coût de la tomate en champ (OCDE, 2001 ; Montousse *et al.*, 2006). Le coût de la fertilisation a été considéré comme la somme du coût du fertilisant, du coût de transport et du coût de l'application du fertilisant. La rentabilité totale est la somme des valeurs des rendements commercialisables obtenus sur les sous-parcelles traitées et non traitées.

Analyses statistiques

Les données exprimées en pourcentage ont préalablement subies une transformation logarithmique avant d'être soumises à l'analyse de la variance à l'aide du logiciel SAS. Lorsque les variances étaient homogènes et l'ANOVA significative, les moyennes étaient séparées par le test de comparaison multiple de Duncan au seuil de probabilité de 5%.

3. Résultats

Effet des protocoles de traitements phytosanitaires et de la fertilisation sur la floraison, la fructification et la sévérité du mildiou chez la tomate

L'étude montre qu'aucune différence significative n'a été observée entre l'effet des protocoles P₁ et P₂ sur les paramètres évalués. Les protocoles P₁ et P₂ favorisent la précocité de la floraison chez la tomate comparée au protocole P₃. En effet, le nombre de jours pour atteindre la première floraison et 50% de la floraison est de 30 et 36 jours respectivement pour P₂ tandis qu'il est de 34 et 40 jours respectivement chez P₃. L'ASSCPM du mildiou et le taux d'infection R sont significativement plus bas ($P < 0,05$) chez ces deux protocoles comparé au protocole P₃ (Tableau 2). Par ailleurs, l'apport de fertilisants favorise significativement ($P < 0,05$) la précocité à la fructification par rapport au témoin ainsi que la sévérité du mildiou au 42^e et 56^e JAR avec un effet plus marqué de F₃ au 42^e JAR (Tableau 3). A l'absence de toute fertilisation (F₀), les valeurs des ASSCPM des 3 protocoles de traitement phytosanitaire ne présentent aucune différence significative entre elles ; ces protocoles ont donc une efficacité comparable lorsqu'aucun fertilisant n'est appliqué. De même, aucune différence significative n'a été observée entre le protocole P₁ et P₂ indépendamment qu'ils soient associés à 10 t/ha de fientes de poule + 0,8 kg d'engrais NPK : 12-14-19 (F₂) ou à 25 t/ha de fientes de poule (F₃). Ces deux protocoles ont présenté des valeurs de l'ASSCPM les plus faibles comparés au protocole intermédiaire (P₃) (Tableau 4). Ceci suggère de leur efficacité à mieux contrôler le mildiou de la tomate comparé au protocole P₃.

Tableau 2. Influence des protocoles de traitements phytosanitaires sur le nombre de jours pour atteindre la première floraison, 50% de la floraison, l'ASSCPM et le taux d'infection (R) du mildiou chez la tomate – *Influence of Phytosanitary treatment protocols on the number of days to attain the first flowering, 50% of the flowering, SAUDPC and the rate of infection (R)*.

Protocole	1ère floraison	50% de la floraison	ASSCPM (%)	R
P ₁	29,75 b	34,42 b	5,35 b	0,123 b
P ₂	30,08 b	36,50 ab	4,46 b	0,179 b
P ₃	34,58 a	40,17 a	10,37 a	0,29 a

Les valeurs dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5% (test de comparaison multiple de Duncan) – *The values followed by the same letter in the same column are not significantly different at the probability threshold of 5% (Multiple comparison Duncan's test)*.

Tableau 3. Effet de la fertilisation sur le nombre de jours pour atteindre la première fructification, 50% de la fructification et sur la sévérité du mildiou de la tomate – *Effect of the fertilization on the number of days to attain the first fructification, 50% of the fructification and on tomato late light severity*.

Fertilisation	Nombre de jours		Sévérité (%)	
	Première fructification	50% de la fructification	42 ^e JAR	56 ^e JAR
F ₀	50,89 a	55,78 a	19,6 c	27,4 c
F ₁	42,33 b	46,78 b	31,1 b	44,9 b
F ₂	38,11 b	43,78 b	38,2 b	52,5 b
F ₃	40,33 b	45,44 b	50,7 a	74,1 a

Les valeurs dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de comparaison multiple de Duncan) – *The values followed by the same letter in the same column are not significantly different at the probability threshold of 5% (Multiple comparison Duncan's test)*.

Tableau 4. Effet combiné de la fertilisation et du protocole de traitement phytosanitaire sur les valeurs des aires standardisées sous la courbe de progression du mildiou chez la tomate – *Combined effect of the fertilization and the phytosanitary treatment protocol on the values of standardized area under disease progress curve of tomato late blight*.

Protocole	ASSCPM (%)			
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
P ₁	2,46 a	3,26 b	4,64 b	9,26 ab
P ₂	5,01 a	3,58 b	5,03 b	4,21 b
P ₃	5,36 a	11,65 a	11,92 a	12,56 a

Les valeurs dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de comparaison multiple de Duncan) – *The values followed by the same letter in the same column are not significantly different at the probability threshold of 5% (Multiple comparison Duncan's test)*.

Effet combiné de la fertilisation et des protocoles de traitements phytosanitaires sur le rendement de la tomate

L'analyse de l'effet combiné de la fertilisation et de traitements phytosanitaires montrent que les rendements en fruits commercialisables ont été les plus élevés chez les plants de tomate ayant reçu le protocole P₁ associé soit à la fertilisation F₁ soit à F₃. Les rendements ont été respectivement de 23,78 t/ha pour l'association (P₁ et F₁) et 21,26 t/ha pour (P₁ et F₃). Aucune différence significative de rendement n'est obtenue entre les trois protocoles en absence de toute fertilisation (F₀). Il en est de même entre les protocoles P₂ et P₃ en présence des fertilisants F₁, F₂ et F₃. Ainsi, dans les conditions de l'étude, le protocole P₁ associé à la fertilisation F₁ est la combinaison qui offre le meilleur rendement (Tableau 5).

Tableau 5. Effet combiné de la fertilisation et du traitement phytosanitaire sur rendement en fruits commercialisables chez la tomate – *Combined effect of fertilization and phytosanitary treatment on the marketable fruit yield in tomato*.

Protocole	Rendements moyens en fruits commercialisables (t/ha)			
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
P ₁	5,7 a	23,78 a	17,48 a	21,26 a
P ₂	2,96 a	12,96 b	8,67 b	10,93 b
P ₃	1,7 a	8,67 b	5,07 b	6,63 b

Les valeurs dans la colonne suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% (test de comparaison multiple de Duncan) – *The values followed by the same letter in the same column are not significantly different at the probability threshold of 5% (Multiple comparison Duncan's test)*.

Bénéfices tirés de l'application des protocoles de traitements phytosanitaires et rentabilité économique des fertilisants

Le coût total de vente des fruits de tomates ramenés à l'hectare se chiffrent à 4.316.180, 2.246.640 et 953.810 FCFA pour les protocoles P₁, P₂ et P₃ respectivement. Le bénéfice tiré de l'application de ces protocoles phytosanitaires dans le contrôle du mildiou de la tomate à l'hectare se situe à 4.027.526, 1.635.348 et 382.267 FCFA pour P₁, P₂ et P₃ respectivement (Tableau 6). L'effet de l'application des fertilisants sur la rentabilité économique de la culture de la tomate à l'Est-Cameroun, montre que seul le rapport valeur-coût du fertilisant F₁ (association fientes de poules à 10 t/ha + NPK : 20-10-10 à 100 g/m²) est supérieur à 2 (soit 2,49), valeur recommandée par la FAO avec une rentabilité de 149,52 % (Tableau 7). Ce fertilisant peut donc être vulgarisé pour la culture de la tomate.

Tableau 6. Bénéfices obtenus (en FCFA) à l'hectare suite à l'application des différents protocoles de traitement phytosanitaire dans le contrôle du mildiou chez la tomate – *Profits obtained (FCFA) per hectare following the application of different phytosanitary treatment protocols for the control of tomato late blight*.

Protocole	Rendements (kg)	Coût de vente au kg	Coût total de vente	Coût total d'achat des pesticides	Coût total de la main d'œuvre	Coût lié à la protection phytosanitaire	Coût de la récolte au kg	Coût total lié à la récolte	Bénéfices
P ₁	17.060	235	4.316.180	143.000	45.000	188.000	5,9	100.654	4.027.526
P ₂	8.880	235	2.246.640	509.400	49.500	558.900	5,9	52.392	1.635.348
P ₃	3.770	235	953.810	499.800	49.500	549.300	5,9	22.243	382.267

4. Discussion

L'étude a montré l'efficacité du mancozèbe à contrôler le mildiou chez la tomate qu'il soit utilisé seul sous la formulation PLANTIZEB 80 WP (dans le protocole P₁) ou en association avec l'Azoxystrobine sous la formulation AZOX 250 SC (dans le protocole P₂) avec pour effet, un accroissement significatif du rendement. En effet, plusieurs études antérieures ont montré l'efficacité de ces matières actives à contrôler les maladies cryptogamiques telles que le mildiou chez la morelle noire. L'azoxystrobine qui fait partie du groupe des fongicides strobilurines, a un spectre large et est dotée de propriétés systémiques contre plusieurs maladies (Anesiadis *et al.*, 2003 ; Bahous *et al.*, 2005). Ce produit a une action systémique et translaminaire. L'azoxystrobine empêche le transport des électrons dans les mitochondries, pénètre à l'intérieur des tissus de l'hôte pour arrêter le développement des champignons et bloquer la progression de la maladie (Baldwin *et al.*, 1996). Des études sur le blé ont par ailleurs montré que l'application l'azoxystrobine à partir du stade floraison, produit 8 à 10 % de biomasse supplémentaire dans les feuilles, assure une longue période de photosynthèse et une augmentation du remplissage des grains (Godwin *et al.*, 1992 ; Konradt *et al.*, 1996). Pour sa part, l'efficacité du mancozèbe est attribué à sa capacité à générer l'isothiocyanate qui désactive les enzymes thiols et des métabolites dans les cellules des champignons (Ragsdale, 1992). En solution aqueuse (bouillie), il se décompose pour libérer l'éthylène bis sulfure thiocyanate qui à son tour sous l'action de la lumière UV est converti en éthyle isothiocyanate ; ces deux composés dérivés désactivent certains processus biochimiques essentiels en cours dans les cellules fongiques tels que la fonction respiratoire et la germination des spores

(Gullino *et al.*, 2010). L'efficacité du mancozèbe dans le contrôle du mildiou de la tomate dans cette étude est comparable à celle obtenue par d'autres auteurs sur diverses maladies. Ce fût par exemple le cas dans le contrôle de l'helminthosporiose du riz due à *Bipolaris oryzae* qui a permis d'augmenter le rendement de 38 à 120% (Percich et Huot, 1989), du mildiou de la vigne dû à *Plasmopara viticola*, dont l'application permet d'inhiber la germination des spores et de contrôler totalement la maladie (Wong et Wilcox, 2001) ou de la brûlure des pousses des plantules de *Ricinodendron heudelotii* due à *Lasiodiplodia theobromae* (Djeugap *et al.*, 2015). Il est par ailleurs important de relever le fait que la fréquence des traitements insecticides ait contribué à lutter efficacement contre les insectes dont la présence aurait négativement impacté sur le rendement ; plus elle est élevée plus les rendements sont élevés tels qu'on observe avec les protocoles P₁ et P₂. En effet, des travaux antérieurs ont montré l'efficacité des insecticides utilisés dans les trois protocoles de traitements phytosanitaires dans le contrôle des insectes phytoravageurs des cultures maraîchères. Il s'agit par exemple de l'Emamectine benzoate efficace dans le contrôle des Lépidoptères de la tomate (Abdelhamid et Yamina, 2012), du lambdacyhalothrine et de l'imidaclopride dans le contrôle de *Helicoverpa armigera* chez le cotonnier (Mrosso, 2013) et du cyperméthrine contre le même ravageur chez la tomate (Ahmed *et al.*, 2015). L'influence de la fertilisation sur la sévérité du mildiou a été plus perceptible après le buttage à partir de 42 JAR et beaucoup plus chez les plants de tomate ayant reçu la fertilisation F₃ (25 t/ha de fiente de poules). En effet, le buttage aurait favorisé le regroupement des éléments nutritifs (contenus dans l'engrais minéral NPK et surtout organique) autour de la plante et leur assimilation ; ce qui a favorisé le développement d'une biomasse végétale importante, laquelle a créé des conditions d'humidité nécessaire pour le développement du mildiou dans la parcelle (Strausbaugh *et al.*, 1996 ; Agrios, 2005). De plus, une bonne association azote et potassium contribue à l'amélioration de la croissance végétative des plantes, à une floraison et fructification abondante avec pour corollaire, l'augmentation des rendements (Nicholson *et al.*, 1996 ; Koulibaly *et al.*, 2015). Ceci se vérifie mieux chez le fertilisant F₂ constitué de l'engrais NPK : 12-14-19 riche en potassium et de la fiente de poule riche en azote (Lichtenberg *et al.*, 2002 ; Nahm, 2003) qui a donné le meilleur rendement. Cependant, l'analyse économique montre que l'apport combiné de la fiente de poule (10t/ha) et du NPK : 20-10-10 (100 g/m²) (fertilisant F₁) est le seul traitement à être vulgarisé dans la zone d'étude. En effet, il comblerait le mieux les déficits du sol (notamment en azote) de la localité qui est régulièrement dégradé par les pratiques culturales courantes (agriculture itinérante sur brûlis). En revanche, le bénéfice le plus élevé a été obtenu avec le protocole P₁. Ceci serait dû à son efficacité à contrôler les insectes ravageurs et de son coût réduit. En effet, les autres protocoles incluait un pesticide supplémentaire (nématocide) qui n'a eu aucun bénéfice dans la localité et a généré plus tôt des coûts supplémentaires de protection phytosanitaire. Des résultats similaires ont montré que l'utilisation des fientes de poules à raison de 4 t/ha est rentable dans la culture du chou en Uganda (Mugerwa *et al.*, 2011). L'analyse économique de l'application de la fiente de poule pendant 6 ans sur une parcelle expérimentale a montré qu'elle est rentable à la dose de 2,5 à 5 t/ha tandis qu'une réduction du profit de 7 à 14% s'observe dans les parcelles ayant reçues l'engrais minéral seul ou 7,5 t/ha de fiente de poule (Harmel *et al.*, 2008). En revanche, contrairement à la tomate, chez la morelle noire, les bénéfices nets augmentent avec la dose de fientes de poules ; en effet, à 10 t/ha, ils se situent entre 455 et 3.120 euros/ha et à 20 t/ha, entre 328 et 9.258 euros (Tarla *et al.*, 2011). Ceci s'expliquerait par le fait que la morelle noire est un légume cultivé pour ses feuilles contrairement à la tomate chez laquelle, on recherche les fruits. Au fur à mesure que les pousses des légumes sont récoltées, de nouvelles se forment et ont besoin d'azote pour leur croissance. L'incorporation des fientes de poule dans le sol, favorise la conservation de l'azote et préserve la valeur économique du traitement appliqué. Etant donné leur décomposition et lessivage lent dans l'environnement, l'effet résiduel de l'utilisation des fientes de poules sur les cultures subséquentes de court cycle telles que haricot, légume, arachide, soja, etc. est à investiguer. De telles études permettraient d'augmenter la rentabilité de la fertilisation aux fientes de poule.

5. Conclusion

De cette étude, il ressort que l'utilisation judicieuse du mancozèbe et des insecticides tels que préconisés dans le protocole de traitement phytosanitaire P₁ permet de contrôler efficacement le mildiou de la tomate et d'offrir un bénéfice à l'hectare d'environ 6139,924 euros. Lorsque 10 t/ha de fiente de poule sont associées à 100 g/m² de NPK : 20-10-10 dans la culture de la tomate, celle-ci offre une rentabilité de 149,5%. Au regard des pratiques culturales courantes dans la région telle que l'agriculture itinérante sur brûlis qui appauvrit le sol, l'utilisation des fientes de poule devrait y être envisagée afin d'accroître la fertilité des sols. La culture de la tomate pratiquée dans les conditions de l'étude est donc rentable dans la région de l'Est Cameroun et pourrait donc y être pratiquée afin d'augmenter les revenus annuels des paysans majoritairement cacaoculteurs. Il serait judicieux de mener ultérieurement une étude des résidus de pesticides sur les récoltes.

Références

- Abdelhamid G. & Yamina G., 2012. Efficacy of Emamectrin Benzoate on *Tuta absoluta* Meurick (Lepidoptera: Gelechiidae) infesting a protected tomato crop in Algeria. *Academic Journal of Entomology*, 5(1), 37-40.
- Agrios GN, 2005. *Plant pathology*. 5th ed. California, USA, Elsevier Academic Press.
- Ahmed I.A., Kutama A.S., Umma M., Hassan, K.Y. & Ibrahim M., 2015. Control of Tomato Fruit worm (*Helicoverpa armigera* H.) on Tomato using Cypermethrin, Dimethoate and Neem Extracts in Samaru, Zaria, Nigeria. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 4(2), 113-117.
- Alima, T. & Manyong, V.M., 2000. *Partial budget Analysis for on-farm research*. Research Guide 65. IITA, Ibadan, Nigeria.
- Anesiadis T., Karaoglanidis G.S. & Tzavella-Klonari K., 2003. Protective, curative and eradicator activity of the strobilurin fungicide azoxystrobin against *Cercospora beticola* and *Erysiphe betae*. *Journal of Phytopathology*, 151 (12), 647-651.
- Bahous M., Touhami A.O., Badoc A. & Douira A., 2005. Effet de l'azoxystrobine sur la pyriculariose, l'helminthosporiose et la curvulariose du riz. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, 144, 27-46.
- Baldwin B.C., Clough J.M., Godfrey C.R.A., Godwin J.R. & Wiggins T.E., 1996. The discovery and mode of action of ICIA 5504. In: Lyr H., Russell P.E. & Sisler H.D. eds. *Modern fungicides and antifungal compounds*; p. 69-77.
- Bureau J-C., Butault J-P. & Rousselle J-M., 1989. Les indices de productivité. Aspects méthodologiques et application à l'agriculture. *Économie rurale*, 192, 88-94.
- Charland M., Cantin S., Saint-Pierre M.A. & Côté L., 2001. *Recherche sur les avantages à utiliser le compost*. Dossier du Centre de recherche industrielle du Québec, Rapport final. 49p.
- Campbell C.L. & Madden L.V., 1990. *Introductory to Plant Disease Epidemiology*, 2nd eds. John Wiley & Sons, New York.
- Djeugap F.J., Bernier L., Dostaler D., Fontem D.A. & Zena G.R.D., 2015. Chemical Control of Shoot Blight [*Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl.] Infecting *Ricinodendron heudelotii* Seedlings in Cameroon. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 2(10), 82-87.
- FAO, 2005. *L'approche filière ; Analyse fonctionnelle et identification des flux*. Rome, Italie, 23p.
- Fontem D.A., 2003. Quantitative effects of early and late blights on tomato yields in Cameroon. *Tropicicultura*, 21(1), 36-41.
- Gockowski J. & Ndoumbe M., 1997. *The transformation of leafy vegetable cropping systems along the humid forest margins of Cameroon*. IITA & IRAD: 46-51 p.
- Godwin J.R., Anthony V.M., Clough J.M. & Godfrey C.R.A., 1992. A novel broad spectrum, systemic β -methoxyacrylate fungicide. *Pests Disease*, 1, 435-442.
- Gullino M.L., Tinivella F., Garibaldi A., Kemmitt G.M., Bacci L. & Sheppard B., 2010. Mancozeb: Past, present, and future. *Plant Disease*, 94, 1076-1087.
- Harmel R.D., Harmel B. & Patterson M.C., 2008. On-Farm agro-economic effects of fertilizing cropland with poultry litter. *Journal of Applied Poultry Research*, 17, 545-555.
- Hoitink, H.A.J. & Fahy P.C., 1986. Basis for control of soil borne pathogens with compost. *Annual Review of Phytopathology*, 24, 93-114.
- Konradt M., Kappes E.M., Hiemer M. & Petersen H.H., 1996. Amistar: ein Strobilurin zur Bekämpfung von Getreidekrankheiten. *Gesunde Pflanzen*, 48(4), 126-134.
- Koulibaly B., Dakuo D., Ouattara A., Traoré O., Lompo F., Zombré P. N. & Yao-Kouamé A., 2015. Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso. *Tropicicultura*, 33(2), 125-134.
- Lichtenberg E., Parker D. & Lynch L., 2002. *Economic value of poultry litter supplies in alternative uses*. Center for Agricultural and Natural Resource Policy. 49p. <http://www.arec.umd.edu/Policycenter/>
- LVP (La Voix du Paysan), 2013. *Comment cultiver la tomate. Fiches techniques*. Mensuel de l'Entrepreneur Rural, 5p.
- MINADER (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), 2012. *Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole du Cameroun*. Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles. *Agri-stat* N°17, 123p.
- Montousse M., Bailly J.L, Caire G., Lavielle C. & Quilès J.J., 2006. *Macroéconomie cycle universitaire. Manuels d'enseignement, problèmes et exercices*. 2nd Edition, Cosney Cedex, Rome, Italy.
- Mugerwa S., Kabirizi J.M., Kigongo J. & Zziwa E., 2011. A cost-benefit analysis for utilization of poultry manure in cabbage production among smallholder crop-livestock farmers. *International Journal of Agronomy and Agricultural Science*, 1(2), 14-19.
- Mrosso F.P., 2013. Biological efficacy of perfecto 175 SC (lambda-cyhalothrin 5% plus imidacloprid 12.5%) for the control of major insect pests of cotton in eastern cotton growing area, Tanzania. *African Journal of Agricultural Research*, 8(22), 2744- 2749.

- Nahm K.H., 2003. Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. *World's Poultry Science Journal*, 59(1), 77-88.
- Ngambeket H., 2014. *Caractéristiques morpho culturales de quelques variétés de tomates cultivées à Dschang sur divers amendements organiques*. Rapport de fin de stage d'Insertion professionnel. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Université de Dschang, 45p.
- Nicholson F.A., Chambers B.J. & Smith K.A., 1996. Nutrient composition of poultry manures in England and Wales. *Bioresource Technology*, 58(3), 279–284.
- OCDE (organisation de coopération et de développement économiques), 2001. *Mesurer la croissance de la productivité par secteur et pour l'ensemble de l'économie*. Paris, Cedex, France, 165p.
- Percich J.A. & Huot C.M., 1989. Comparison of propiconazole and mancozeb applied individually or sequentially for management of fungal brown spot of wild rice. *Plant Disease*, 73, 257-259.
- PROTA, 2008. *Vegetables/Légumes, Affichage de fiche*. Institut de Recherche Agronomique. 26 p.
- Ragsdale N.N., 1992. Fungicides. In: Arntzen C.J., eds. *Encyclopedia of Agricultural Science*. Academic Press, New York, USA. 445-453.
- Strausbaugh C. & Hughes J., 1996. *Potato Late Blight*. University of Idaho, Moscow, ID. www.uidaho.edu/ag/plantdisease
- Tarla D.F., Fon D.E. & Fontem D.A., 2011. Economic analysis of fungicide and fertilizer applications on huckleberry (*Solanum scabrum* Mill.) fresh shoot yield. *Journal of Tropical Agriculture*, 49(2), 58-64.
- Wong F.P. & Wilcox W.F. 2001. Comparative physical modes of action of azoxystrobin, mancozeb, and metalaxyl against *Plasmopara viticola* (grapevine downy mildew). *Plant Disease*, 85, 649-656.

Tableau 1. Composition des trois protocoles de traitement phytosanitaire testés et planning de l'application des pesticides – *Composition of the three tested Phytosanitary protocols and planning of pesticides application.*

Période	Protocole P ₁	Doses	Protocole HPP (P ₂)	Doses	Protocole intermédiaire (P ₃)	Doses
Une semaine avant repiquage	/	/	SAVANEM 10 G	100g/10m ²	SAVANEM 10 G	100g/10m ²
Une semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP	2,5kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha	COGA 80 WP	2kg/ha
	LAMIDA GOLD 90 EC*	1l/ha	FYFANON 880EC	1l/ha	FYFANON 880 EC	1l/ha
2 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP + LAMIDA GOLD 90 EC	2,5kg/ha 1l/ha	COGA 80WP	2kg/ha	AZOX 250SC	2kg/ha
3 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP	2,5kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha	/	/
	LAMIDA GOLD 90 EC	1l/ha	FYFANON 880EC	1l/ha	FYFANON 880EC	1l/ha
4 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP + LAMIDA GOLD 90 EC	2,5kg/ha 1l/ha	COGA 80WP	2kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha
5 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP	2,5kg/ha	AZOX 250SC	2kg/ha	/	/
	CIGOGNE 360 EC	1l/ha	PACHA 25 EC	1l/ha	PACHA 25 EC	1l/ha
6 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP + CIGOGNE 360 EC	2,5kg/ha 1l/ha	COGA 80WP	2kg/ha	AZOX 250SC	2kg/ha
7 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP	2,5kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha	/	/
	CIGOGNE 360 EC	1l/ha	PACHA 25 EC	1l/ha	PACHA 25 EC	1l/ha
8 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP + CIGOGNE 360 EC	2,5kg/ha 1l/ha	COGA 80WP	2kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha
9 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP	2,5kg/ha	COGA 80WP	2kg/ha	/	/
	CIGOGNE 360 EC	1l/ha	EMACOT 50 WG	200g/ha	EMACOT 50 WG	200g/ha
10 ^e semaine après repiquage	PLANTIZEB 80 WP + CIGOGNE 360 EC	2,5kg/ha 1l/ha	COGA 80WP	2kg/ha	AZOX 250SC	2kg/ha

NB : Liste des fongicides (matière active et mode d'action): PLANTIZEB 80 WP (mancozèbe, contact) ; COGA 80 WP (mancozèbe, contact) et AZOX 250 SC (Azoxystrobine, systémique).

*Liste des insecticides (matière active et mode d'action): LAMIDA GOLD 90 EC (Imidaclopride 30 g/l + Lambda-Cyhalothrine 60 g/l, systémique et contact) ; CIGOGNE 360 EC (Cyperméthrine 360 g/l, contact) ; EMACOT 50 WG (Emamectine benzoate, systémique); FYFANON 880 EC (Malathion, contact) et PACHA 25 EC (Acetamipride + lambda cyhalothrine, systémique). Liste d'insecticide-nématocide (matière active et mode d'action) : SAVANEM 10 G (Ethoprophos, contact)

Tableau 7. Effet de l'application des fertilisants sur la rentabilité de la culture de la tomate à l'hectare dans la localité de Ndoumbi
 – *Effect of the application of fertilizers on the profitability of tomato cultivation per hectare in the locality of Ndoumbi.*

Fertilisation	Récolte sup (kg)	Coût lié à la récolte sup	Coût d'achat engrais	Coût transport engrais	Coût épandage engrais	ISI (4,25%)	CRE	Vmrs	RVC	Rentabilité (%)
F ₀	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
F ₁	10.680	59.808	867.000	84.500	60.000	11.601	1.082.909	2.702.040	2,495168	149,5168
F ₂	6.610	37.016	927.000	84.500	60.000	12.004	1.120.520	1.672.330	1,492459	49,24589
F ₃	8.480	47.488	1.119.000	186.500	35.000	15.030	1.403.018	2.145.440	1,529161	52,91607