

QUAND LE BIOCONTROLE SE DEVELOPPE HORS EUROPE

G. CHAMPROUX*; M. ROGER* ; J. PARAU*

* : Certis Europe BV – 5 rue Galilée – 78280 Guyancourt - France
champroux@certiseurope.com; roger@certiseurope.com; parau@certiseurope.com

RÉSUMÉ

La protection des cultures au niveau mondial doit conjuguer les contraintes techniques et économiques du producteur tout en répondant aux nouvelles attentes du consommateur. Les producteurs africains de cacao doivent ainsi sécuriser leur production face au fort développement d'un virus (CSSV) transmis par des cochenilles (*Planococoides njalensis* et *P. citri*), pouvant entraîner l'arrachage de vergers de production. En culture de maïs, le légionnaire d'automne (*Spodoptera frugiperda*) est en forte expansion et nécessite l'utilisation de systèmes de protection pérennes, à la fois efficaces et non impactés par des évolutions de populations de ravageurs résistantes. Dans le même temps, de nombreux consommateurs sont en demande de produits exempts de résidus ou de cultures non-OGM. Eradicoat T®, produit à base d'une substance naturelle (maltodextrine), apporte une solution efficace et durable car sans risque de sélection de populations résistantes tout en permettant de répondre à la demande des consommateurs. Déjà homologué au Ghana contre les populations de légionnaire d'automne, cette solution est en développement dans de nombreux pays pour protéger les maïs ou le cacao et illustre parfaitement les bénéfices multiples du biocontrôle, même dans des contextes extra-européens.

Mots-clés : Biocontrôle – Fall armyworm – Virus CSSV – Maltodextrine – cochenille –

SUMMARY

Crop protection worldwide must combine the technical and economic constraints of the producer while meeting new consumer expectations. African cocoa producers must therefore secure their production according to the strong development of a virus (CSSV) transmitted by mealybugs (*Planococoides njalensis* et *P. citri*), which can lead to the uprooting of production orchards. In corn, the Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is rapidly expanding and requires the use of long-lasting protection systems, both effective and not impacted by emergence of resistant pest. At the same time, many consumers are looking for residue-free products or non-GMO crops. Eradicoat T®, a product based on a natural substance (maltodextrin), provides an effective and long-lasting solution, without the risk of selecting resistant populations while meeting consumer demand. Already approved in Ghana against the Fall Armyworm, this solution is in development in many countries to protect corn or cocoa and perfectly illustrates the multiple benefits of biocontrol, even in non-European contexts.

Keywords: Biocontrol – Fall armyworm – CSSV virus – Mealybug – Maltodextrine

Introduction

Dans le contexte actuel de changement climatique et d'échanges internationaux, des problèmes sanitaires émergent sur de nouveaux territoires. De plus, la protection des cultures doit également répondre à différents enjeux forts, hors Europe, en cohérence avec la demande des consommateurs, le respect des réglementations et la problématique des populations de ravageurs résistantes. En quoi les solutions de biocontrôles peuvent-elles répondre à ces nouveaux enjeux et assurer aux producteurs la préservation de leurs productions ?

La culture de cacao est particulièrement représentative de l'importance du premier de ces aspects. Produit dans 45 pays tropicaux (tous situés entre le tropique du Cancer et le tropique du Capricorne) mais consommé à 80% par l'Amérique du Nord et l'Europe, il doit répondre aux attentes exigeantes des consommateurs et aux réglementations européennes, en particulier le respect des LMR (limite maximale de résidus). Actuellement, les exploitations cacaoyères d'Afrique de l'Ouest font face à une maladie émergente mettant en danger leur pérennité, et sont à la recherche de solutions en accord avec la demande de leurs marchés.

Le virus de la pousse gonflée ou CSSV (Cocoa Swollen Shoot Virus) est apparu en Afrique de l'Ouest en 1936 suite à l'introduction du cacao dans le pays au début du 20^{ème} siècle. Elle est responsable d'une importante épidémie nécessitant entre 1946 et 1947 l'arrachage de millions d'arbres infectés, au Ghana essentiellement. Dans ce pays, qui est le 2^{ème} exportateur mondial de cacao, l'arrachage massif a repris de 2006 à 2010, après la réémergence de cette maladie. La méthode de l'arrachage est la plus pratiquée étant donné que durant les 1^{ères} années, l'infestation a pour conséquence une diminution du rendement, mais en quelques années (2 à 5 ans) elle aboutit à la mort de l'arbre (Ameyaw G.A., 2016). Le virus est transmis par diverses espèces de cochenilles farineuses de la famille des *Pseudococcidae*. Leur gestion est ainsi une mesure importante à mettre en place pour limiter la dissémination de la maladie, et par conséquent prévenir l'arrachage des arbres. Les populations de ces cochenilles sont présentes tout au long de l'année comprenant de 6 à 10 générations, mais elles sont les plus abondantes pendant la saison sèche, variable selon la région (Babin R., 2018). Des solutions permettant de réduire aussi souvent que nécessaire les populations ont ainsi été étudiées, à l'aide de produits permettant de pouvoir réduire la dispersion du virus CSSV, sans engendrer d'impact sur la qualité des récoltes (Dzahini-Obiatey H., 2005).

La problématique des résistances quant à elle se pose lorsque des ravageurs émergents sur certains territoires sont déjà connus ailleurs pour leur capacité d'adaptation et de résistance. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), le légionnaire d'automne ou noctuelle américaine du maïs, plus couramment appelée *Fall Armyworm* (FAW), en est un bon exemple. Originaire du continent américain où elle est réputée pour ses nombreuses résistances, l'espèce s'est implantée récemment sur le continent africain. Ainsi, au Ghana, où la chenille FAW s'est installée en 2016, la recherche de solutions s'oriente vers des protections utilisables sur le long terme.

Le légionnaire d'automne est un ravageur particulièrement dévastateur. Il se nourrit de maïs mais également d'environ 80 autres cultures, dont le blé et diverses cultures légumières. Une fois sur un territoire, il est extrêmement difficile voire impossible de l'éradiquer ou de contrôler son expansion : l'adulte est capable de voler jusqu'à 100 km en une seule nuit. Cette espèce effectue plusieurs cycles lors d'une saison, présentant du fait de sa biologie un risque d'acquisition de résistance très important. Depuis son arrivée sur le continent africain en 2016, il a déjà atteint la plupart des pays d'Afrique. Sur ce continent, la FAO estime que plus de 17.7 millions de tonnes de maïs sont perdues, correspondant à la nourriture d'environ 10 millions de personnes. Les résistances de ce ravageur aux insecticides sont particulièrement bien documentées, notamment aux Etats Unis, au Mexique, au Brésil, où il s'agit d'un

ravageur majeur des cultures de maïs, traité ces 40 dernières années grâce à des insecticides issus de la chimie de synthèse. Une résistance croisée avérée aux pyréthrinoïdes (perméthrine, cyperméthrine, cyhalothrine, fenvalerate, tralométhrine, bifenthrine, tétraméthrine et fluvalinate), organophosphorés (chlorpyrifos, méthyl parathion, diazinon, sulprofos, dichlorvos, et malathion) et carbamates (méthomyl, carbaryl, et thiodicarbe) a été documentée, démontrée, et établie (Yu S.J., 1991 et Gutiérrez-Moreno, 2019). Il a également été démontré que la grande variabilité génétique au sein de l'espèce est à l'origine de cette capacité d'adaptation et les mécanismes de résistances sont aujourd'hui connus (Carvalho I.F., 2018). Des solutions sans risque de résistance à terme sont donc particulièrement attendues sur cette cible.

Matériel et méthodes

Afin d'évaluer l'efficacité d'une solution de biocontrôle à base de substance naturelle sur ces deux ravageurs, des essais ont été conduits en 2016 et 2018 au Ghana, en comparaison avec des standards conventionnels. Différentes doses ou stratégies à base de maltodextrine (formulée à 282 g/l dans la spécialité commerciale Eradicoat T®) ont été testées en comparaison à un produit de référence à base de pyréthrinoïde de synthèse, et à un témoin traité à l'eau pour éviter d'introduire un biais dans l'expérimentation.

La maltodextrine agit essentiellement par contact en bloquant les orifices respiratoires des insectes entraînant ainsi leur asphyxie. Des applications répétées ont été effectuées pour couvrir l'ensemble de la saison de production.

Sur chaque site, l'évolution de la population de chaque ravageur a été suivie précisément. Les autres insectes présents ont également été comptés, mais les résultats ne sont pas présentés ici. La quantité et qualité de production a également été mesurée.

Tableau I : Détail des sites et des dispositifs mis en place / Information on location and design

Cible	Cochenille	Fall Armyworm(FAW)
Culture	Cacaoyer	Maïs
Année	2016	2018
Nombre de site	3 sites	1 site
Lieu	Bunso (2 sites) et Kade (1 site) (Ghana)	Tanina (Ghana)
Organisme	SIREC - Soil and irrigation research centre,Kpong. FOHREC - FOrrest and Horticultural Research Centre, Kade	CSIR -Savanna Agricultural Research Institute, Wa.
Dispositif	RCB (Randomized complete block) à 3 blocs	RCB (Randomized complete block) à 4 blocs 10 m * 8 lignes de semis séparés par des allées de 2 m
Nombre de plantes note par modalité	5 arbres	20 pieds (à l'aide de 2 passages en diagonale)

Tableau II 1 : Détail des protocoles / Protocol details

Protocole	Cochenille	Légionnaire d'automne
Cadence d'application	Application toutes les 2 semaines de juin à octobre	1ère application à 10 % de plantes attaquées 3 applications à 3 semaines d'intervalle
Matériel d'application	Pulvérisateur à dos	Pulvérisateur à dos
Standard	Bifenthrine (27 g/l) 50 ml/15L (Pratique producteur)	benzoate d'émamectine 25 ml/15 L
Modalité testée	Maltodextrine 282, 225 ml/15 L Maltodextrine 282, 225 ml/15 L (1 application) suivi de 75 ml/15 L (Stratégie IPM)	Maltodextrine 282, 40 ml/15 L Maltodextrine 282, 80 ml/15 L Maltodextrine 282, 120 ml/15 L
Période de notation	Avant le premier traitement puis chaque semaine ou deux fois par semaine	1 jour avant traitement et 6 jours après traitement
Type de notation	Comptage des insectes présents Etat sanitaire des cabosses	Nombre d'amas d'œufs Nombre de larves (avant et 6 jours après application) Dégât sur les feuilles (Echelle Davis) Phytotoxicité Impact sur les organismes non-cibles Dégâts sur les épis Rendement (6 rangs centraux à 12 % HR)
Test statistique	ANOVA avec transformation $\log(X+1)$ pour les comptages et $\arcsin(\sqrt{v})$ pour les % Significativité SNK($P<0.05$)	ANOVA avec transformation $\log(\text{nb larve avant} / \text{nb larve après})$ Significativité $P<0.05$ et test LSD (5%)

Les essais mis en place sont situés dans des régions habituellement concernées par les ravageurs ciblés. Un dispositif en bloc complet randomisé a été utilisé afin de permettre des analyses statistiques (ANOVA).

Sur cochenille, deux stratégies à base de maltodextrine ont été testées. Une application avec une dose constante à chaque application (225 ml/15 L) et une autre stratégie avec une première application à dose normale (225 ml/15 L) qui est ensuite réduite à 75 ml/15 L pour limiter l'impact sur les auxiliaires (Stratégie IPM).

Tableau III : Nombre de cochenilles selon les traitements sur le site de Bunso (1) - cacaoyer âgés
(Mealybug number on each treatment at Bunso (1) location – old cocoa trees)

	Nombre de cochenilles par plante (Transformation log(X+1))									
	Juin		Juillet		Aout		Septembre		Octobre	
Témoin	4.0	A	4.0	A	10.3	A	19.3	A	26.3	A
Référence	7.7	A	6.3	A	11.0	A	12.3	A	20.0	A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L	0.0	B	0.3	B	0.0	B	0.3	B	0.0	B
Maltodextrine 282 225 ml/15 L puis 75 ml/15 L	0.7	B	0.7	B	1.3	B	0.3	B	0.7	B
<i>P value</i>	0.0004		0.0004		0.0009		0.0006		<0.0001	

Tableau IV : Nombre de cochenilles selon les traitements sur le site de Bunso (2) cacaoyer jeune
(Mealybug number on each treatment at Bunso (2) location – young cocoa trees)

	Nombre de cochenilles par plante (Transformation log(X+1))									
	Juin		Juillet		Aout		Septembre		Octobre	
Témoin	1.7	A	2.3	A	2.7	A	2.3	A	7.7	A
Référence	0.0	A	1.0	A	1.3	A	1.7	A	2.0	A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L	0.7	A	0.7	A	0.3	A	0.7	A	0.3	A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L puis 75 ml/15 L	0.0	A	0.0	A	0.3	A	0.3	A	0.3	A
<i>P value</i>	0.5721		0.3405		0.3285		0.5158		0.3263	

Tableau V : Nombre de cochenilles selon les traitements sur le site de Kade : Cacaoyers âgés
(Mealybug number on each treatment at Kade location – old cocoa trees)

	Nombre de cochenilles par plante (Transformation log(X+1))									
	Juin		Juillet		Aout		Septembre		Octobre	
Témoin	25.0	A	25.7	A	18.3	A	8.7	A	11.7	B
Référence	32.0	A	4.0	B	2.3	B	11.7	A	20.0	A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L	2.7	C	2.3	B	2.0	B	2.3	B	2.7	C
Maltodextrine 282 225 ml/15 L puis 75 ml/15 L	6.0	B	3.0	B	2.3	B	1.7	B	0.7	D
<i>P value</i>	<0.0001		<0.0001		<0.0001		<0.0001		<0.0001	

Concernant les trois essais sur cochenille, une pression importante a été observée sur les expérimentations réalisées sur des cacaoyers âgés. Par contre, le test réalisé sur des cacaoyers jeunes n'a pas permis d'obtenir une infestation importante, et donc de mettre en évidence une différence entre traitements, y compris pour le standard.

Sur les deux tests réalisés sur cacaoyers âgés, la pression a été élevée tout au long de la saison sur le témoin. Le standard à base de pyréthrinoloïde (bifenthrine) a démontré une efficacité faible et variable, en fonction du site et de la date de notation. En effet, la bifenthrine est utilisée pour le contrôle des autres ravageurs, mais peu efficace pour le contrôle des cochenilles.

Les stratégies à base de maltodextrine ont fortement réduit les populations de cochenilles sur les deux sites, significativement par rapport au témoin, mais également à la référence lors de plusieurs notations. Sur le site de Kade, la stratégie IPM semble avoir été moins efficace lors des premières notations, mais démontre une meilleure efficacité lors de la dernière notation (Octobre). Nous pouvons émettre l'hypothèse que cela est dû à un meilleur respect des auxiliaires. En effet, nous pouvons observer dans la modalité témoin une baisse de population au cours du temps pouvant être liée au contrôle des auxiliaires sur ce site, et une population supérieure pour la modalité à base de bifenthrine en fin de saison pouvant être liée à un impact négatif sur les auxiliaires.

Tableau VI : Impact des différentes protections sur la qualité de la récolte de fruit de cacao (Effect of treatment on yield quality and flower numbers)

	Nombre de fruit*		Nombre de fruit sain*		% floraison**	
	Bunso (1)	Kade	Bunso (1)	Kade	Bunso (1)	Kade
Témoin	13.7 A	29.3 A	1.7 B	9.0 B	11.0 B	14.0 B
Référence	20.7 A	29.3 A	14.7 A	25.0 A	53.0 A	59.0 A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L	20.3 A	34.7 A	17.0 A	31.0 A	64.7 A	70.3 A
Maltodextrine 282 225 ml/15 L puis 75 ml/15 L	24.7 A	27.3 A	19.7 A	21.7 A	56.7 A	63.7 A
<i>P value</i>	>0.3311	0.7557	0.0060	0.0111	<0.0001	<0.0001

*Transformation log (X+1)

** Transformation arcsin(v)

L'impact des différents programmes de protection a été évalué sur le nombre total de fruits, le nombre de fruits sains et le pourcentage de fleurs en fin de saison, sur les deux sites ayant une pression élevée (sites présentant des cacaoyers âgés). Aucune des stratégies n'a modifié le nombre de fruits, car l'induction florale a eu lieu avant les applications. En revanche, un impact important est observé sur le taux de floraison en fin de saison, et donc sur le nombre de fruits de l'année suivante, la pression des ravageurs ayant réduit significativement le pourcentage de floraison sur les parcelles témoins. De même, le nombre de fruits sains est significativement plus élevé sur les modalités protégées, sans différence significative entre les modalités à base de maltodextrine et la référence. La cochenille n'est pas le seul ravageur des cacaoyers et elle n'impacte pas directement le rendement. Ainsi, l'efficacité variable de la référence sur cochenille ne se traduit pas par un impact sur le rendement, car elle protège bien des autres ravageurs (tels les mirides du cacaoyer) et permet de préserver le rendement. Les stratégies utilisant de la maltodextrine ont permis de réduire significativement les populations de cochenilles tout en préservant également le rendement, à un niveau équivalent aux stratégies agriculteurs actuelles. Il est important de rappeler qu'au-delà de la préservation du rendement de l'année ainsi que l'impact positif sur le nombre de cabosses l'année suivant le traitement, la réduction de la population de cochenilles est fondamentale pour éviter la transmission du virus du CVVS.

Dans la lutte contre la FAW, trois doses de maltodextrine ont été évaluées en comparaison à un standard commercial, le benzoate d'émamectine.

Le comptage de la masse d'œufs était trop faible durant l'échantillonnage pour permettre une évaluation fiable. Aucun problème de phytotoxicité n'a été observé et l'abondance des auxiliaires et autres insectes était trop faible sur l'ensemble des sites. Ces résultats ne sont donc pas présentés.

En raison de la durée du cycle de la FAW (autour de 30 jours l'été) et de la forte mobilité de l'insecte permettant des recontaminations permanentes, les notations doivent être évaluées indépendamment les unes des autres.

Tableau VII : Réduction de population de FAW en fonction du traitement sur maïs (Pest reduction of FAW larvae after application)

	Après une application* (16/08)	Après 2 applications* (06/09)	Après 3 applications* (04/10)	Au global*
Témoin	0.48	0.33	0.01	0.15
Standard	1.10	0.51	0.64	0.83
Maltodextrine 282 (40 ml/15 L)	1.08	0.12	0.52	0.48
Maltodextrine 282 (80 ml/15 L)	0.52	0.26	0.78	0.46
Maltodextrine 282 (120 ml/15 L)	0.46	0.20	0.71	0.49
<i>P value</i>	0.101	<0.001	<0.001	<0.001
<i>LSD (5%)</i>	NS	0.11	0.21	0.13

* Transformation log(nombre larve avant/nombre larve après) – Une valeur > 0 indique une baisse de la population, d'autant plus forte que la réduction est importante.

Suite à la première application, une réduction significative de l'infestation est notée dans le témoin, liée à la mortalité naturelle dans l'essai. Le standard présente une réduction significativement plus importante. La dose faible de maltodextrine réduit également significativement le nombre de larves, au même niveau que le standard, mais les doses élevées ne semblent pas avoir apporté une différence d'efficacité.

Suite à la seconde application, seul le standard a permis une réduction de la population de FAW.

Lors de la troisième application, la population du témoin est très stable. Toutes les modalités traitées ont permis une réduction significative du nombre de larves, avec peu de différence entre les différentes modalités.

Lorsque les trois notations sont cumulées, la maltodextrine a significativement réduit la population de FAW, sans effet dose marqué. Cependant, la réduction du nombre de larves n'est pas aussi forte que pour la modalité traitée avec le standard chimique.

Figure 1 : Impact des traitements sur les dégâts de la FAW sur les feuilles (Tanina – Ghana) (Effect of insecticide treatments on damage to maize plants leaves by FAW larvae)

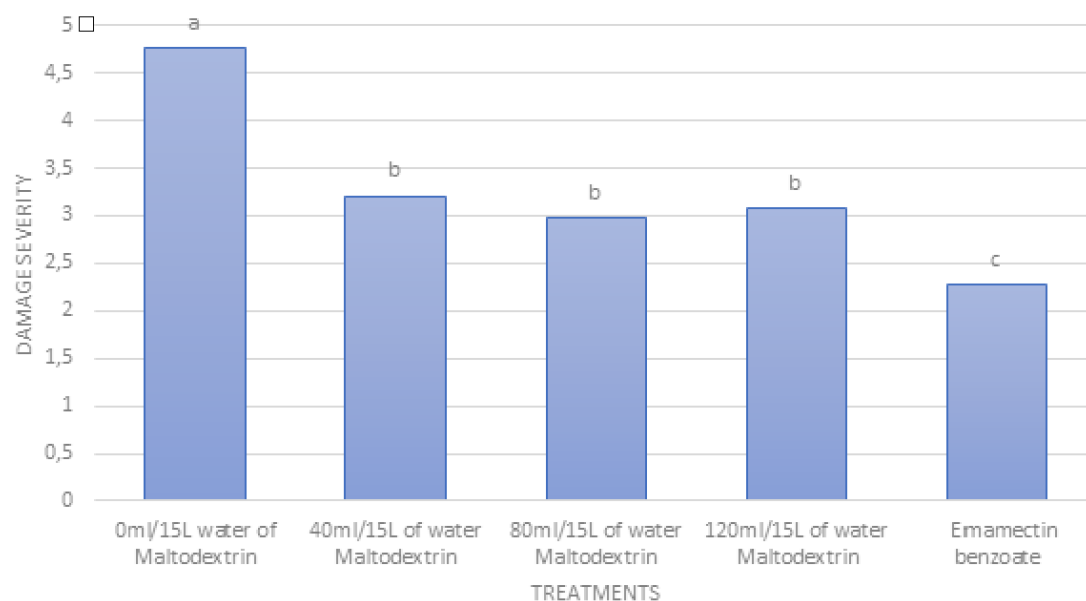
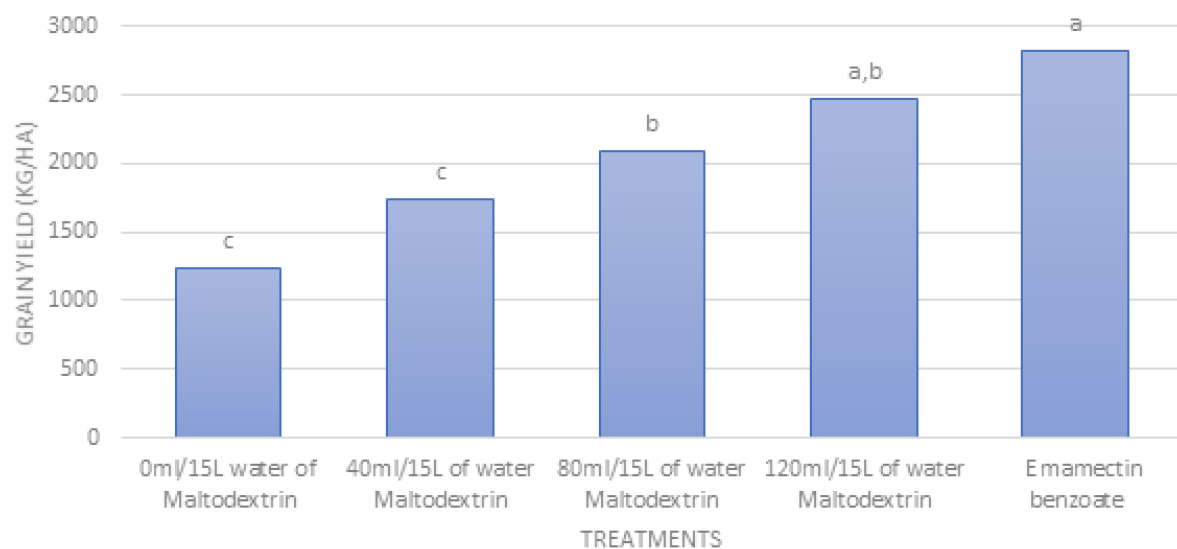


Figure 2 : Impact des traitements sur le rendement du maïs (Tanina – Ghana) (Effect of insecticide treatments on grain yield of maize)



L'impact sur les dégâts sur feuille et le rendement permet d'évaluer l'impact global de la protection. Les résultats sur les dégâts sont assez similaires aux résultats des notations effectuées sur le nombre de larves, avec un effet intermédiaire pour la maltodextrine entre le témoin et le standard, sans effet dose marqué.

L'analyse du rendement permet d'observer un effet dose pour la maltodextrine avec la dose forte de 120 ml/ 15 L qui permet un rendement équivalent au standard et permet ainsi de doubler le rendement. Plus la dose diminue, plus le rendement est réduit.

Discussion

Que ce soit pour le contrôle de la cochenille en cacaoyer ou pour le contrôle du légionnaire d'automne en maïs (FAW), la maltodextrine a démontré dans ces essais une efficacité très bonne, et dans certains cas équivalents aux standards utilisés par les producteurs. Cependant, il est à noter que les résultats obtenus ne sont pas extrapolables à d'autres formulations à base de maltodextrine. En effet, les études préliminaires ont démontré l'importance de la formulation sur l'activité de la maltodextrine en fonction des cibles.

Contre la cochenille du cacaoyer, la stratégie IPM, avec une dose réduite (75 ml/15 L) après une première application à dose pleine (225 ml/15 L) a permis un contrôle efficace, limitant ainsi la propagation du virus CSSV. L'impact est également très positif sur le rendement avec un gain équivalent à celui de la solution utilisée par les producteurs.

La maltodextrine permet également un meilleur respect des auxiliaires par rapport aux produits conventionnels utilisés, en raison d'un effet uniquement de choc, sans persistance, mais également grâce à une certaine spécificité. Ainsi, la stratégie IPM testée permet de concilier une réduction forte de la population de cochenilles et généralement une préservation des auxiliaires permettant de limiter les dégâts liés aux autres ravageurs. Les gains des rendements observés sont probablement liés à un contrôle direct des ravageurs par une solution à base de maltodextrine, mais aussi à un contrôle indirect via la préservation des auxiliaires, même si les mesures faites sur les essais ne le mettent pas en évidence. La mise en évidence de la part de chaque effet est difficilement démontrable sur la base des expérimentations effectuées car cela nécessiterait de mieux mesurer l'impact des auxiliaires sur le contrôle des ravageurs.

Sur maïs, l'effet direct de la maltodextrine pour le contrôle des larves de LWA a été démontré, mais avec une efficacité inférieure à la référence. L'avantage de la maltodextrine réside surtout dans son mode d'action, qui est peu favorable à l'apparition d'individus résistants, car elle recouvre l'insecte d'une barrière physique qui bloque la respiration via les trachées des ravageurs. Cette substance naturelle peut ainsi être un moyen pour proposer des programmes efficaces mais également durables pour les producteurs. En effet, comme le risque de résistance aux produits conventionnels est très fort, et qu'il conduirait à une inefficacité totale de ces produits, il est essentiel de mettre en place des stratégies combinant une solution comme la maltodextrine, les produits conventionnels, et également d'autres méthodes agronomiques pour réduire les populations de FAW. Un effet dose de maltodextrine a également été observé sur le rendement, mais pas sur les dégâts sur feuille et la réduction des populations. Ceci peut laisser supposer des effets long terme positifs qui ne sont pas forcément mesurés dans l'expérimentation mise en place avec des notations 6 jours après application. De même, l'analyse des dégâts sur les feuilles n'est probablement pas le meilleur indicateur de l'impact sur le rendement, les doses de maltodextrine les plus élevées protégeant mieux les épis. Les raisons de cette différence restent à déterminer.

Conclusion

Le développement du biocontrôle est un axe important en Afrique. La mise au point de produits de biocontrôle permet de proposer aux producteurs des solutions efficaces, rentables et durables. L'évolution des ravageurs est parfois rapide et les producteurs doivent sans cesse faire face à des ravageurs émergents très dommageables.

La solution de biocontrôle testée ici, à base de maltodextrine, a démontré une efficacité quasi équivalente aux références chimiques, pour le contrôle de la cochenille du cacaoyer et du légionnaire d'automne en maïs (FAW), se traduisant par un gain de rendement significatif. Les essais mis en place permettent de plus, de mettre en évidence d'autres avantages de ces solutions de biocontrôle. Leur

faible impact sur les auxiliaires permet de préserver leur action de régulation des populations de ravageurs. L'apport d'une solution non concernée par la résistance permet de proposer une protection durable pour les producteurs en alliant chimie conventionnelle et biocontrôle. Ces expériences demandent à être maintenant validées à plus large échelle.

Par ailleurs, d'autres outils doivent également être développés en complément pour accompagner la lutte contre ces ravageurs. Par exemple, en cacao, la société Certis participe à la mise au point d'un outil de prévision sur la dispersion de la maladie virale (CSSV) afin de pouvoir positionner les traitements judicieusement au niveau territorial, et en maïs, la FAO développe un modèle de suivi mondial de la dispersion du légionnaire d'automne.

Au-delà du Ghana développé ici, où le produit Eradicoat T® est actuellement homologué, la solution est en cours de développement dans de nombreux pays africains (Burkina Faso, Nigeria, Ethiopie, Benin, Côte d'Ivoire), mais également sur d'autres continents (Taïwan notamment) et sur de nombreux autres ravageurs.

Partout dans le monde, des produits de biocontrôle sont adoptés non pas avec un objectif de substitution aux produits conventionnels, mais bien parce qu'ils apportent des solutions complémentaires avec des bénéfices réels aux producteurs et aux filières de production. Grâce aux preuves élaborées lors des expérimentations, la solution biocontrôle s'imposera d'elle-même, permettant aux producteurs de garder une production rentable et correspondant aux attentes des consommateurs.

Bibliographie

- Ameyaw G.A., Domfeh O., Dzahini-Obiatey H., Ollennu L.A.A., and Owusu G.K., 2016, Appraisal of Cocoa swollen shoot virus (CSSV) mild isolates for cross protection of cocoa against severe strains in Ghana. *Plant disease*, Vol. 100 N° 4 Avril 2016, 810-815
- Babin, R. (2018). *Planococcus citri* (Hemiptera :Pseudococcidae), with a focus on its role as a vector of Cacao Swollen Shoot Virus Disease. This document is a technical sheet produced as part of the collective expertise commissioned to CIRAD by FAO, LOA N°325120
- Carvalho I.F., Erdmann L.L., Machado L.L., Rosa A.P.S.A., Zotti M.J., Neitzke C.G., 2018 - Metabolic Resistance in the Fall Armyworm: An Overview. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 10, No. 12; 2018 426-436
- Davis, F.M. & Williams, W.P. 1992. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station, *Technical Bulletin* 186, Mississippi State University, MS39762, USA.
- Dzahini-Obiatey H., Akumfi Ameyaw G., Ollennu L.A., 2006 - Control of cocoa swollen shoot disease by eradicating infected trees in Ghana: A survey of treated and replanted areas, *Crop Protection* 25 (2006) 647–652
- Gutiérrez-Moreno R., Mota-Sanchez D., Blanco C.A., Whalon M.E., Terán-Santofimio H., Rodriguez-Maciel J.C., DiFonzo C., Field-Evolved Resistance of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Synthetic Insecticides in Puerto Rico and Mexico, *Journal of Economic Entomology*, Volume 112, Issue 2, April 2019, Pages 792–802,
- Nboyine J.A., Kusi F., Abudulai M., Badii B.K., Zakaria M., Adu G.B., Haruna A., Seidu A., Osei V., Alhassan S., Yahaya A., 2020 -A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), in tropical Africa: Its seasonal dynamics and damage in maize fields in northern Ghana, *Crop Protection* 127 (2020) 104960
- Yu, S.J., 1991 - Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Volume 39, Issue 1 84-91