



CLASSIQUES
GARNIER

ALI (Essossinam), MONKOUNTI (Yendouhame), « Adoption de la technologie Biofeed dans la lutte contre la mouche des fruits au Togo », *Systèmes alimentaires / Food Systems*, n° 5, 2020, p. 157-180

DOI : [10.15122/isbn.978-2-406-11062-0.p.0157](https://doi.org/10.15122/isbn.978-2-406-11062-0.p.0157)

La diffusion ou la divulgation de ce document et de son contenu via Internet ou tout autre moyen de communication ne sont pas autorisées hormis dans un cadre privé.

© 2020. Classiques Garnier, Paris.
Reproduction et traduction, même partielles, interdites.
Tous droits réservés pour tous les pays.

ALI (Essossinam), MONKOUNTI (Yendouhame), « Adoption de la technologie Biofeed dans la lutte contre la mouche des fruits au Togo »

RÉSUMÉ – Cet article analyse l'adoption de la technologie Biofeed, expérimentée par l'Université de Kara et subventionnée à 100 %, dans la lutte contre la mouche des fruits dans la production des mangues. Les données issues de 114 producteurs montrent que seulement 38 % sont prêts à adopter la technologie en cas de suppression de la subvention. La sensibilisation et le niveau d'instruction sont déterminants de l'adoption de la technologie non subventionnée dans la lutte contre la mouche des fruits.

MOTS-CLÉS – This paper analyses the adoption of Biofeed technology, tested by University of Kara and 100% subsidized in the control of fruit flies in mango production. Using contingent valuation method and data collected from 114 producers in Togo, we found that only 38% of respondents are ready to adopt the Biofeed technology if the subsidy is removed. Awareness and education levels are key determinants in adoption of non-subsidized Biofeed technology in fighting against fruit flies.

ALI (Essossinam), MONKOUNTI (Yendouhame), « Adoption of Biofeed technology in fighting against fruits fly in Togo »

ABSTRACT – mangue, technologie Biofeed, évaluation contingente, adoption, mouche des fruits

KEYWORDS – mango, Biofeed technology, contingent valuation, adoption, fruit flies

ADOPTION DE LA TECHNOLOGIE BIOFEED DANS LA LUTTE CONTRE LA MOUCHE DES FRUITS AU TOGO

Essossinam ALI
Économie et Politiques Agricoles,
Département d'Économie,
Université de Kara (Togo)

Yendouhame MONKOUNTI
ISMA, Université de Kara (Togo)

INTRODUCTION

En Afrique subsaharienne, à certaines périodes de l'année, les mangues constituent un véritable apport nutritionnel (Vayssières *et al.*, 2008). Elles génèrent également d'importantes sources de revenus à divers acteurs de la filière (Midingoyi *et al.*, 2019). Mais leur production est menacée par l'introduction et la dispersion de nouvelles espèces invasives de mouches de fruits (*Diptera tephritidae*, *Bactrocera dorsalis* et *Ceratitis capitata*), communément appelées mouches blanches. Ces mouches sont des espèces très nuisibles dont les femelles perforent les fruits et y pondent les œufs, infligeant des dommages directs dus à l'alimentation de la larve (Midingoyi *et al.*, 2019 ; Kibira *et al.*, 2015). Selon Kibira *et al.* (2015), ces nuisibles entraînent des baisses de rendement pouvant varier de 40 à 80 % selon les localités, les variétés et les saisons. À ces pertes de rendement s'ajoutent les pertes lors de l'exportation en raison des lois de quarantaine imposées par les pays importateurs (Lam *et al.*, 2012 ; Hendrichs, 1996).

En 2006, par exemple, des lots de mangues d'une valeur de près de 11 millions de dollars US ont été interceptés aux frontières de l'Union européenne (PLMF, 2019). La plupart du temps, les cargaisons saisies sont détruites ou renvoyées dans le pays d'origine à la charge des exportateurs. En Afrique, les pertes économiques annuelles de mangues, dues à la mouche des fruits, sont estimées à plus de 47 millions de dollars US (Lam *et al.*, 2012). Pour limiter les dégâts causés par les mouches des fruits, les producteurs de mangues ont recours, le plus souvent, aux pesticides chimiques de synthèse. Or, ces pesticides chimiques ont des effets nocifs sur la santé humaine et sur l'environnement (Muriithi *et al.*, 2016; Githiomi *et al.*, 2019). Dès lors, il est important d'envisager des solutions de type agroécologique qui non seulement permettront de minimiser les pertes, mais seront également plus soucieuses de la santé humaine et de l'environnement.

Au plan régional, la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) a lancé, en 2015, un programme de lutte et de contrôle des mouches des fruits en Afrique de l'Ouest. Le programme a expérimenté plusieurs moyens de lutte, notamment la lutte biologique par l'utilisation de parasitoïdes auxquels s'ajoutent l'utilisation des nématodes et des champignons entomopathogènes, l'usage des insecticides et d'attractifs naturels à base d'éléments locaux accessibles (extraits de Neem, drêche de bière, baume de cajou) et la lutte intégrée par la combinaison rationnelle des méthodes de lutte (ramassage, piégeage et appâts alimentaires). Les résultats de ces pratiques ont été encourageants et font état d'une réduction de 57 % des interceptions de mangues aux frontières de l'Europe en 2018 et une augmentation de 40 % des exportations de mangues de l'espace CEDEAO vers l'Europe (PLMF, 2019).

Au Togo, pour faire face à ces mouches nuisibles et dans le but de préserver le système alimentaire, en 2018, l'Université de Kara a lancé, avec son partenaire israélien, la firme Biofeed, un projet de lutte contre la mouche des fruits pour la promotion de la filière mangue. Une première expérience a été menée dans la région centrale du Togo. La solution proposée est l'utilisation des pièges à para-phéromones en association avec un bio-pesticide sous confinement et à libération prolongée et contrôlée. Ces pièges, communément appelés technologie Biofeed, sont de type préventif et non curatif. Ils sont installés dans

les vergers de manguiers à raison de 20 pièges par hectare. Quant au coût de la technologie, la firme Biofeed supporte les 4/5 et l'Université de Kara le 1/5, soit une subvention totale d'environ 100 dollars US par hectare. À la fin de la campagne 2018, une réduction de l'infestation des fruits de plus de 88 % a été observée ; c'est-à-dire que 2 à 5 fois plus de produits commercialisables ont été obtenus et qu'on a observé le plus faible niveau de perte de récoltes jamais atteint au Togo et en Afrique (Rapport Biofeed, 2018). Au vu de ces résultats, en 2019, le projet s'est étendu à toutes les localités du Nord Togo.

Mais la subvention de la technologie Biofeed au coût de 100 dollars US par hectare ne peut être perpétuelle. Si cette subvention est supprimée, les vergers de manguiers seront-ils toujours rentables ? Les producteurs de mangues seraient-ils disposés à payer la technologie Biofeed en cas de suppression de la subvention ? Quel est le montant moyen que les producteurs de mangues sont prêts à payer pour la technologie Biofeed et quels sont les déterminants de l'adoption de cette technologie ? Cet article vise à répondre à ces importantes questions. Cette étude revêt un intérêt tant d'ordre national qu'international dans la mesure où la rentabilité et les déterminants de l'adoption de la technologie expérimentée en cas de non-subvention peuvent être pris en compte dans la mise en œuvre de nouvelles politiques visant à renforcer la sécurité alimentaire et le bien-être des ménages agricoles.

Cet article se subdivise comme suit : une brève revue de littérature est présentée en section 1. La section 2 aborde la méthodologie de recherche et la section 3 est consacrée aux résultats et discussions. Enfin, la conclusion propose des recommandations de politiques économiques.

1. BRÈVE REVUE SUR L'ADOPTION DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

Plusieurs théories existent pour expliquer l'adoption d'une technologie. La théorie de la diffusion de l'innovation a été largement utilisée pour comprendre le processus d'adoption d'une nouvelle technologie par les sociétés. En effet, l'adoption fait référence à l'utilisation d'une

nouvelle technologie sur une longue période quand l'utilisateur a une information parfaite sur cette technologie et ses potentialités (Feder *et al.*, 1985). Dans l'agriculture, l'adoption de nouvelles technologies reste un élément fondamental pour la réduction de la pauvreté, de la malnutrition et l'accroissement du bien-être des populations, surtout dans les pays en développement (Midingoyi *et al.*, 2019 ; Khonje *et al.*, 2018 ; Kayiui-Mugerwa, 1998 ; Teno *et al.*, 2018 ; Rauniyar et Goode, 1992). Le processus d'adoption d'une technologie peut passer progressivement des institutions internationales de recherche agricole aux systèmes agricoles nationaux, puis aux systèmes nationaux de vulgarisation et enfin aux agriculteurs (Biggs, 1990). Il s'agit d'un processus considéré comme linéaire dans lequel les scientifiques développent la technologie, la présentent aux agriculteurs par l'intermédiaire des agents de vulgarisation pour qu'enfin les agriculteurs l'utilisent. Ainsi, l'adoption d'une nouvelle technologie peut s'étudier à plusieurs niveaux : individuel (le paysan), collectif (un réseau social au niveau communautaire ou régional) ou global (national ou international), comme le résume Doss (2006).

Selon Rogers (1995), cinq éléments détermineraient l'adoption ou la diffusion d'une nouvelle technologie : l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la testabilité et l'observabilité. L'avantage relatif fait référence au degré auquel une technologie est perçue comme meilleure que celle qu'elle remplace. L'adoption d'une nouvelle technologie peut alors dépendre d'une localité à une autre (Otsuka, 2006). La compatibilité fait référence au degré auquel une innovation est perçue par les adoptants potentiels comme étant cohérente avec leurs valeurs ou pratiques existantes. Cette compatibilité avec ce qui est déjà en place rend la nouvelle innovation moins incertaine, plus familière et plus facile à adopter (Chavas et Nauges, 2020). La complexité fait référence au degré auquel une innovation est considérée comme difficile à comprendre et à utiliser. Le taux d'adoption d'une telle technologie est dépendant de sa complexité pour les adoptants potentiels. Si l'innovation est perçue comme complexe, son taux d'adoption peut s'avérer faible (Chavas et Nauges, 2020). Dans ces conditions, le capital humain –notamment le niveau d'éducation et la sensibilisation– est important dans le processus d'adoption d'une nouvelle technologie (Midingoyi *et al.*, 2019 ; Koundouri *et al.*,

2006). La testabilité fait référence à la mesure dans laquelle une innovation peut être soumise à une expérimentation limitée. Enfin, l'observabilité fait référence au degré auquel les bénéfices d'une innovation sont clairs. Plus les résultats d'une innovation seront clairs et plus d'individus l'adopteront.

Dans tous les cas, l'adoption d'une technologie peut être dépendante de son mécanisme de transmission, des conditions socioéconomiques des adoptants, du temps, de la nature de la société et de son organisation (Rogers, 1995). Ainsi, l'adoption des innovations pour améliorer la productivité agricole doit prendre en compte non seulement les dimensions technologiques, mais aussi socioculturelles, politiques et économiques comme les structures communautaires, le genre, l'action collective, le régime foncier, les relations de pouvoir, les politiques et la gouvernance (Teno *et al.*, 2018 ; Lin, 1991 ; Miller et Tolley, 1989).

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. SOURCES DES DONNÉES ET STRUCTURE DE L'ÉCHANTILLONNAGE

L'étude couvre le Nord Togo (voir la carte en annexe) où les producteurs de mangues ont bénéficié de la technologie Biofeed. Deux catégories de personnes ont constitué l'échantillon de l'étude : les producteurs de mangues bénéficiaires de la technologie Biofeed et les producteurs de mangues non bénéficiaires. La liste des bénéficiaires de la technologie Biofeed est disponible auprès de l'Université de Kara et la liste des autres producteurs de mangues non bénéficiaires a été recueillie auprès des services décentralisés de l'Institut de conseil et d'appui technique (ICAT) et de la Direction régionale de l'Agriculture, de la Production animale et halieutique (DRAPAH) du Togo. Cette liste n'étant pas exhaustive, elle a été complétée grâce à une prospection dans les régions concernées. La structure de l'échantillon est présentée dans le tableau 1. Au total, 114 producteurs de mangues ont été interrogés en utilisant un questionnaire structuré et préalablement testé.

TAB. 1 – Structure de l'échantillonnage.

Régions concernées	Nombre de producteurs de mangues	Proportion des bénéficiaires de la subvention de la technologie Biofeed	Proportion des enquêtes
Centrale	16	43,75 %	100 %
Kara	19	47,37 %	100 %
Savanes	79	8,88 %	100 %
Total	114	20,17 %	100 %

Source : Auteurs.

Le questionnaire a porté sur les caractéristiques socioéconomiques des producteurs, le compte d'exploitation, les contraintes dans la production des mangues, la présentation de la technologie Biofeed aux non-bénéficiaires ainsi que leur consentement à l'adopter. Les informations recueillies montrent que la plus grande partie des producteurs ayant bénéficié de la subvention de la technologie Biofeed durant la phase pilote du projet se trouvent dans les régions centrale et Kara, soit respectivement 43,75 % et 47,37 % des producteurs. Il faut noter que les bénéficiaires de ce projet représentent environ 20 % de l'échantillon enquêté.

2.2. MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES

2.2.1. *Approche d'évaluation de la rentabilité*

Plusieurs approches d'évaluation de la rentabilité ont été développées dans la littérature : la méthode basée sur le bilan, la matrice d'analyse des politiques et celle basée sur le compte d'exploitation (Levallois, 2014 ; Cohen-Skali, 1974). La méthode retenue dans cette étude est celle basée sur le compte d'exploitation. Souvent utilisée dans la littérature, elle est plus appropriée que les autres en raison non seulement de sa simplicité, mais aussi du fait que le compte d'exploitation est plus familier aux exploitations agricoles (Levallois, 2014 ; Dillon et Hardaker, 1993). Le résultat d'exploitation (Rex) est un bon indicateur de performance puisqu'il est le résultat réel de l'activité économique de l'exploitation. Le tableau 2 présente le compte d'exploitation.

TAB. 2 – Présentation du compte d'exploitation.

Postes	Montants
Production	A
Approvisionnements	B
Autres charges et charges externes	C
Valeur ajoutée (Va)	$Va=A-B-C$
Salaires et charges sociales	D
Charges de l'agriculteur	E
Impôts et taxes	F
Excédent Brut d'exploitation (EBE)	$EBE=Va-D-E-F$
Amortissements	G
Résultat d'exploitation (Rex)	$Rex=EBE-G$

Source : Adapté de Levallois (2014).

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Rex} = & \text{Production} - \text{Approvisionnements} - \text{Autres charges et charges externes} \\
 & - \text{Salaires et autres charges sociales} - \text{Charges de l'agriculteur} \\
 & - \text{Impôts et taxes} - \text{Amortissements} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Pour chacun des bénéficiaires du projet, le résultat d'exploitation a été calculé lorsque la subvention sur la technologie Biofeed existe et lorsqu'elle est supprimée. Si Rex est supérieur à zéro, l'exploitation est rentable, c'est-à-dire que son organisation interne et sa manière de fonctionner lui permettent de s'autofinancer et de créer de la richesse. On parle d'un cycle d'exploitation ou d'un modèle économique rentable. À l'inverse, si Rex est inférieur à zéro, l'exploitation n'est pas rentable et doit dès lors revoir son modèle économique.

2.2.2. Approche d'évaluation du consentement à payer pour la technologie Biofeed

De nombreuses méthodes ont été développées dans la littérature pour mesurer le consentement à payer (Ali *et al.*, 2020 ; Green et Srinivasan, 1990 ; Hanemann, 1984). Il s'agit soit de méthodes reposant sur des préférences révélées, soit des méthodes fondées sur des données d'enquête ou l'évaluation contingente. La méthode d'évaluation contingente (Hanemann,

1984) adoptée dans cette étude décrit le bien contingent sur un marché hypothétique et, au moyen d'enquêtes, tente d'obtenir une révélation directe des préférences des personnes interrogées. Cette méthode invite les répondants à indiquer leur volonté de payer pour bénéficier d'un avantage ou leur volonté minimale d'accepter une compensation pour être dédommagés d'un préjudice causé (Boxall *et al.*, 1996 ; Hanemann, 1984). Dans le premier cas, la référence implicite est la situation initiale, et on parle de variation compensatrice du revenu ou de consentement à payer (CAP). Dans le deuxième cas, le changement est apprécié par rapport à la situation finale, et l'on utilise les termes de variation équivalente du revenu ou de consentement à accepter ou recevoir.

Dans la version à choix dichotomique de l'évaluation contingente, les répondants se voient proposer un changement de la quantité ou de la qualité d'un bien à un coût donné et ils peuvent accepter ou refuser le paiement du coût suggéré. Même si son utilisation est souvent critiquée (Diamond et Hausman, 1994), la méthode d'évaluation contingente est la plus appropriée pour cette étude car la technologie Biofeed est une technologie dont on ne peut faire varier les attributs. Seule l'entreprise productrice est capable de le modifier avec des coûts appropriés que nous ne saurons évaluer.

2.2.3. Spécification du modèle

Cette étude fait appel à la théorie d'utilité aléatoire (Lancaster, 1966 ; Hanemann, 1984). Dans la forme de choix dichotomique de la méthode d'évaluation contingente, les répondants sont invités à choisir entre un état amélioré j , et le statu quo k . En utilisant des fonctions utilitaires pour deux alternatives j et k , un individu i choisit l'alternative j par rapport à l'alternative k si et seulement si l'utilité en choisissant l'alternative j reste supérieure à celle que procure l'alternative k . Ainsi, la probabilité résultant de ce choix peut s'écrire de la façon suivante :

$$\begin{aligned} P_{ij} &= P(U_{ik} < U_{ij}) \\ P_{ij} &= P(V_{ik} + \varepsilon_{ik} < V_{ij} + \varepsilon_{ij}) \\ P_{ij} &= P(\varepsilon_{ik} - \varepsilon_{ij} < V_{ij} - V_{ik}) \end{aligned} \quad (2)$$

où U_{ij} et U_{ik} sont respectivement l'utilité de l'individu i avec pour préférence l'option j ou k , dans un panier d'options S . V_{ij} et V_{ik} sont

respectivement la composante déterministe de l'utilité de l'individu i avec pour préférence l'option j ou k . ε_{ij} est un élément stochastique qui représente l'ensemble des caractéristiques non observables et pouvant influencer le choix ou la préférence de l'individu. Dans la relation (2), U_{ij} et U_{ik} sont décrits comme suit :

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3a)$$

$$U_{ij} = \vartheta_{ij}\gamma_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (3a)$$

$$U_{ik} = V_{ik} + \varepsilon_{ik} \quad (3b)$$

$$U_{ik} = \vartheta_{ik}\gamma_{ik} + \varepsilon_{ik} \quad (3b)$$

ϑ_{ik} et ϑ_{ij} représentent des vecteurs colonne des paramètres, γ_{ik} et γ_{ij} sont les matrices des caractéristiques socio-économiques du répondant i vis-à-vis des options j et k . En supposant que chacun des termes aléatoires soit distribué de valeur extrême de type I et que la différence entre les termes aléatoires soit distribuée de manière logistique, la probabilité qu'un répondant choisisse la variante j est donnée par :

$$P_{ij} = \frac{e^{(V_{ij}-V_{ik})}}{1+e^{(V_{ij}-V_{ik})}} \quad (4)$$

Le modèle empirique peut être écrit comme suit :

$$CAP_i = \beta_0 + \beta_i X_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

où la variable dépendante $CAP=1$ si l'individu est disposé à payer la technologie Biofeed à un montant supérieur ou égal au montant de la subvention (100 dollars US). Dans ce cas, l'utilité que procure la technologie Biofeed au producteur de mangues est estimée supérieure à celle de l'état initial (pas d'adoption de la nouvelle technologie de lutte contre les mouches de fruits). Si le producteur de mangues consent à payer la technologie Biofeed à un montant inférieur à 100 dollars US, alors la variable CAP prend une valeur égale à 0. X_i représente la matrice des variables explicatives et β_i est un vecteur colonne des paramètres à estimer et ε_i le terme d'erreur. Cette formulation (équation 5) peut être estimée à l'aide du modèle probit (Wooldridge, 2014) comme suit :

$$\begin{aligned} P(CAP = 1|X) &= P(CAP = 1|X_1, X_2, \dots, X_n) \\ P(CAP = 1|X) &= \phi(\beta_0 + X\beta) \end{aligned} \quad (6)$$

où ϕ désigne la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. L'effet marginal est obtenu comme suit :

$$\frac{\partial P}{\partial X_i} = \beta_i \phi(\beta_0 + X_i \beta_i) \quad (7)$$

Les données recueillies auprès des producteurs de mangues concernent les caractéristiques socioéconomiques des producteurs et celles relatives à l'exploitation des vergers. Ces données sont d'ordre qualitatif et quantitatif. Par exemple, les variables éducation, appui-conseil dans la production des mangues, disposition d'un compte en banque, utilisation d'insecticides, formation en relation avec la lutte contre les mouches de fruits sont des variables muettes. La variable appui conseil est égale à 1 si le producteur a bénéficié d'appui-conseil dans la gestion de son exploitation et 0 sinon. Elle est supposée affecter positivement l'adoption de la technologie Biofeed en cas de suppression de la subvention. La variable compte en banque est égale à 1 si le producteur de mangues dispose d'un compte en banque et 0 si non. La variable utilisation d'insecticides est égale à 1 si le producteur utilise un insecticide quelconque contre la mouche des fruits et 0 si non. La variable formation est égale à 1 si le producteur de mangues a bénéficié d'une formation quelconque en relation avec la lutte contre les mouches de fruits ou les vergers de manguiers et 0 si non. Enfin, la variable bénéficiaire du projet est égale à 1 si le producteur de mangues a bénéficié de la technologie Biofeed et 0 si non. L'âge des vergers de mangues, la perte moyenne due aux mouches de fruits exprimée en pourcentage de la production totale, les recettes moyennes et la superficie sont des variables continues. Le logiciel STATA14 a été utilisé pour l'analyse des données.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. LES RÉSULTATS OBTENUS

3.1.1. *Caractéristiques des enquêtés*

Sur l'ensemble des 114 producteurs de mangues interrogés, 98,25 % sont des hommes contre seulement 1,75 % de femmes. L'âge moyen des producteurs est de 51 ans. La majorité (97 %) d'entre eux sont mariés. Environ 35 % n'ont jamais été à l'école et seulement 22 % sont allés à l'école primaire, 33 % au collège, 7 % au lycée et 2,63 % à l'université (tableau 3). Au total, 22 % des producteurs ont bénéficié d'appui-conseil dans la production de mangues. Environ 15 % des enquêtés ont suivi une formation ou ont été sensibilisés sur la production de mangues et la lutte contre la mouche des fruits.

TAB. 3 – Statistiques descriptives.

Variabiles	Description des variables	Moyenne	Écart type
CAP	1=le producteur consent à payer plus de 100 \$ l'hectare et 0 si non	0,38	0,49
Aucune éducation formelle	1=le producteur n'est pas allé du tout à l'école et 0 si non	0,35	0,47
Primaire	1=le producteur a le niveau d'instruction primaire et 0 si non	0,22	0,41
Collège	1=le producteur a le niveau d'instruction collège et 0 si non	0,32	0,47
Lycée	1=le producteur a le niveau d'instruction lycée et 0 si non	0,07	0,25
Université	1=le producteur a le niveau d'instruction université et 0 si non	0,02	0,16
Appui conseil	1=le producteur bénéficie d'appui-conseil et 0 si non	0,22	0,41
Formation	1=le producteur a été formé ou sensibilisé et 0 si non	0,15	0,35

Superficie	Superficie des vergers de manguiers (ha)	0,82	0,67
Âge des vergers	Âge des vergers (en années)	22,41	12,73
Pertes moyennes	Portion de la production de mangues perdue pour cause de mouches des fruits (%)	45,49	13,46
Résultat d'exploitation moyen	Résultat d'exploitation moyen (USD)	379,47	850,98
Compte en banque	1=le producteur a un compte en banque et 0 si non	0,30	0,46
Utilisation d'insecticides	1=le producteur utilise des insecticides et 0 si non	0,09	0,28
Bénéficiaire de la technologie Biofeed	1=le producteur a bénéficié de la technologie Biofeed et 0 si non	0,20	0,40

Source : Auteurs, à partir des données d'enquêtes 2019. NB : Lors de la collecte de données, 1\$US = 587,70 FCFA. Ceci est considéré dans le reste du document.

Environ 9 % utilisent des pesticides chimiques dans la lutte contre la mouche des fruits et 30 % seulement disposent d'un compte bancaire. Les vergers de manguiers ont un âge moyen de 22 ans. Le plus vieux verger a 62 ans contre 4 ans pour le plus jeune verger. La superficie moyenne accordée à la production de mangues est d'environ 0,82 ha. La superficie minimum est de 0,25 ha tandis que la superficie maximum est de 4 ha. La majorité (83 %) des vergers ont une superficie comprise entre 0,25 et 1 ha. Le résultat d'exploitation moyen entre 2017 et 2019 est d'environ 379,47 dollars US par hectare tandis que les pertes moyennes s'établissent à plus de 45 % de la production totale.

3.1.2. Rentabilité des vergers de manguiers

La vente de mangues rapporte en moyenne 536 dollars US à l'hectare (tableau 4). Le transport des mangues du verger à la maison puis au lieu de vente ou directement du verger au marché coûte en moyenne 26 dollars US à l'hectare. Les charges salariales du gardien chargé d'assurer la sécurité et la main-d'œuvre lors de la cueillette se montent en moyenne à 125 dollars US à l'hectare.

TAB. 4 – Compte d'exploitation des vergers de manguiers.

Postes	Avec une subvention de 100 dollars / ha	Sans subvention de 100 dollars / ha
Vente de mangues (dollar US/ha)	536	536
Achat de la technologie Biofeed	0	100
Transport des mangues	26	26
Valeur ajoutée (dollar US/ha)	510	410
Charges salariales et main d'œuvre	125	125
Charges de l'agriculteur	0	0
Impôts et taxes	0	0
Excédent Brut d'exploitation (dollar US/ha)	385	285
Amortissements	0	0
Résultat d'exploitation (dollar US/ha)	385	285

Source : Auteurs, à partir des données d'enquêtes 2019.

Le montant de la subvention pour la technologie Biofeed s'élève à 100 dollars US à l'hectare. Lorsque les producteurs reçoivent une subvention de 100 dollars US sur la technologie Biofeed, le résultat d'exploitation moyen est de 385 dollars US à l'hectare. Lorsque l'on intègre le montant de la subvention de la technologie Biofeed dans les charges d'exploitation, on retrouve un résultat moyen de 285 dollars US. Le résultat d'exploitation moyen est de 214 dollars US à l'hectare avant l'installation de la technologie Biofeed et de 494 dollars US à l'hectare après l'installation de la technologie Biofeed soit une différence de 280 dollars US (tableau 5).

TAB. 5 – Résultat d'exploitation : test de comparaison de moyennes.

Résultat d'exploitation des bénéficiaires du projet (dollar US/ha)			
Avant-projet (1)	Après installation du projet (2)	Différence (2) - (1)	t-stat
214	494	280**	2.3092
Résultat d'exploitation des producteurs de mangues (dollar US/ha)			
Bénéficiaires de la technologie Biofeed (1)	Non-bénéficiaires de la technologie Biofeed (2)	Différence (2) - (1)	t-stat
442	472	30	0.2543

Source : Auteurs, à partir des données d'enquêtes 2019. Note : ** $p < 0,05$.

Il est de 442 dollars US à l'hectare pour les bénéficiaires du projet et de 472 dollars US pour les non-bénéficiaires soit une différence de recettes de 30 dollars US. Les résultats révèlent une augmentation du résultat net d'exploitation après installation de la technologie Biofeed (tableau 5). Le test de comparaison des moyennes montre qu'il existe une différence statistiquement significative entre le résultat d'exploitation avant l'installation de la technologie Biofeed et le résultat d'exploitation après l'installation de la technologie au seuil de 5 % pour les bénéficiaires du projet. Les non-bénéficiaires du projet ont un résultat d'exploitation supérieur de 7 % à celui des bénéficiaires du projet. Le test de comparaison de moyennes réalisé montre qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux résultats d'exploitation.

3.1.3. *Suppression de la subvention et adoption de la technologie Biofeed*

Sur l'ensemble des producteurs de mangues interrogés, environ 38 % sont favorables à l'adoption de la technologie Biofeed comme moyen de lutte contre la mouche des fruits dans leurs exploitations en cas de la suppression de la subvention (tableau 6).

TAB. 6 – Taux d'adoption de la technologie Biofeed.

	Non bénéficiaires	Bénéficiaires	Ensemble de l'échantillon
Adoptent	35,16 %	47,83 %	37,72 %
N'adoptent pas	64,84 %	52,17 %	62,28 %

Source : Auteurs, à partir des données d'enquêtes 2019.

Ils représentent environ 48 % de la population des bénéficiaires de la technologie Biofeed et 35 % des non-bénéficiaires. Les retards dans l'installation de la technologie Biofeed chez certains producteurs, le coût de la technologie ainsi que le niveau de vie et la maîtrise de l'utilisation des pièges peuvent expliquer ces taux d'adoption (Chavas et Nauges, 2020 ; Midingoyi *et al.*, 2019). Il faudra certainement du temps pour maîtriser l'utilisation de la technologie pour des effets escomptés beaucoup plus motivants (Doss, 2006 ; Feder *et al.*, 1985).

3.1.4. Analyse des déterminants de l'adoption de la technologie Biofeed

Les résultats de l'estimation du modèle probit estimé sont contenus dans le tableau 7. Le modèle est globalement significatif au seuil de 1 % confirmant bien la robustesse des résultats. Dans l'ensemble, la prédiction du modèle est de l'ordre de 88,73 %, indiquant ainsi une bonne robustesse dans l'appréciation du modèle d'adoption. Les résultats montrent également une bonne prédiction de l'adoption (75,00 %) ou de non-adoption (76,83 %). Les résultats montrent que le niveau d'instruction influence positivement l'adoption de la technologie Biofeed. Les niveaux d'instruction (primaire, collège et lycée) sont significatifs au seuil de 5 % et universitaire à 10 %. Ceci indique que la probabilité d'adopter la technologie Biofeed non subventionnée est plus élevée chez les producteurs de mangues ayant été à l'école comparativement à ceux qui n'ont aucune éducation formelle. Par conséquent, les producteurs ayant fait au moins le primaire sont plus disposés à adopter la technologie Biofeed non subventionnée.

La variable formation relative à la mouche des fruits est positive et significative à 1 %. Ceci indique qu'une formation relative à la lutte contre la mouche des fruits impacte positivement la décision d'adoption de la technologie Biofeed non subventionnée. Le résultat d'exploitation moyen est positif et significatif au seuil de 1 %. Ceci indique qu'il est un déterminant de l'adoption de la technologie Biofeed non subventionnée. En effet, plus le résultat d'exploitation des producteurs de mangues est élevé, plus la probabilité d'adopter la technologie Biofeed non subventionnée est aussi élevée. La superficie influence négativement l'adoption de la technologie Biofeed à un seuil de 10 %. Ceci montre que les producteurs de mangues qui ont de grandes surfaces pourraient décliner l'adoption de la technologie Biofeed non subventionnée.

Sur l'ensemble de l'échantillon, aucun n'avait reçu un financement ou prêt pour ses activités de production de mangues. Néanmoins, les résultats montrent qu'avoir un compte en banque accroît la probabilité d'adoption de la technologie Biofeed non subventionnée. Le coefficient de cette variable est positif et significatif au moins à 10 %. Ceci indique que les producteurs de mangues qui ont un compte en banque sont plus disposés à adopter la technologie Biofeed non subventionnée. Les variables pertes de mangues et utilisation des insecticides ont des signes attendus, mais se sont avérées non significatives.

Tab. 7 – Les déterminants de l'adoption de la technologie Biofeed non subventionnée.

Variables	Adoption de la technologie Biofeed non subventionnée		Effets marginaux	
	Coefficients	Écart-type robuste	Coefficients	Écart-type robuste
N'a jamais été à l'école (groupe de référence)				
Primaire	0,743**	0,376	0,205**	0,099
Collège	0,957**	0,377	0,264***	0,094
Lycée	1,237**	0,590	0,342**	0,154
Université	1,957*	1,006	0,541**	0,262
Appui conseil en production de mangue	-0,157	0,420	-0,043	0,115
Formation relative aux mouches de fruits	1,401***	0,474	0,387***	0,117
Résultat d'exploitation moyen	1,32e-06***	4,52e-07	3,64e-07***	1,11e-07
Superficie des vergers	-0,428*	0,247	-0,118*	0,066
Age des vergers	0,008	0,011	0,002	0,003
Possession d'un compte en banque	0,516*	0,314	0,143*	0,085
Perte moyenne (% de la production)	0,009	0,010	0,002	0,002
Utilisation des insecticides	-0,485	0,549	-0,134	0,150
Constant	-1,813***	0,703		
Wald chi2(12)	31,34***			
Pseudo R2	0,2594			
Nombre d'observations	114			

Total correctement prédit	88,73 %			
L'adoption correctement prédite	75,00 %			
Non adoption correctement prédite	76,83 %			

Source : Auteurs, à partir des données d'enquêtes 2019. *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,1$

3.2. ANALYSE ET DISCUSSION

L'impuissance des producteurs de mangues face aux énormes pertes qu'ils enregistrent chaque année peut expliquer leur engouement à payer la technologie Biofeed. En effet, tous les producteurs de mangues sont disposés à payer la technologie Biofeed, mais à des montants diversifiés allant de 2,55 à 255 dollars US à l'hectare. L'analyse des résultats révèle que seulement 38 % consentent à payer au moins 100 dollars US à l'hectare pour la technologie Biofeed. Ils sont disposés à payer en moyenne 130 dollars US à l'hectare.

Le résultat net d'exploitation est positif et nous indique que les vergers de manguiers sont rentables, avec ou sans subvention. Des résultats similaires ont été trouvés au Kenya par Murithi *et al.* (2016) qui ont montré que, dans l'application de la stratégie de protection intégrée, une nouvelle technique de lutte contre les mouches de fruits s'attaquant aux mangues en remplacement des pesticides chimiques a entraîné une augmentation moyenne du revenu net du producteur d'environ 48 %. Ce résultat positif s'explique par plusieurs facteurs. En effet, les manguiers sont des cultures qui, une fois adultes, exigent peu de travaux d'entretien et donc moins de dépenses. C'est le cas des vergers que nous avons visités qui sont des vergers adultes avec un âge moyen de 22 ans. La technologie Biofeed a réduit les pertes de mangues par pourriture causée par les mouches de fruits, augmentant ainsi les recettes des producteurs de 131 % (lorsque la technologie Biofeed est subventionnée).

Une analyse des comptes d'exploitation individuels des producteurs a permis de constater qu'il y avait des vergers qui n'étaient pas rentables. Le verger le moins rentable enregistre une perte de 85 dollars US à l'hectare lorsque la technologie Biofeed est subventionnée et une augmentation

des coûts de 185 dollars US à l'hectare en cas de suppression de la subvention (toutes choses égales par ailleurs). La non-rentabilité de certains vergers pourrait s'expliquer par la forte autoconsommation (consommation familiale), les pertes dues au vent ou/et aux mouches de fruits, les mauvaises pratiques de culture telles que le non-respect des schémas de culture. Les résultats ont montré que le niveau d'instruction influençait positivement l'adoption de la technologie Biofeed. Cela paraît logique dans la mesure où ceux qui sont instruits anticipent mieux les avantages que peut leur apporter la technologie Biofeed dans leurs exploitations. Ces résultats sont similaires à ceux de Yovo (2010) qui a montré que les maraichers instruits du littoral Togo étaient plus disposés à adopter les biopesticides dans la lutte contre les ravageurs. Chavas et Nauges (2020) ont montré que les producteurs ayant une éducation formelle sont plus susceptibles d'adopter une nouvelle technologie qui semble complexe. La corrélation positive entre le niveau d'instruction et l'adoption de la technologie Biofeed suggère encore une fois l'importance du capital humain (ici capté par le niveau d'éducation) dans l'adoption d'une nouvelle technologie (Ali *et al.*, 2020 ; Koundouri *et al.*, 2006).

La formation sur la lutte contre la mouche des fruits impacte positivement la décision d'adoption de la technologie Biofeed. En effet, les formations apportent des informations complémentaires qui éclairent et orientent la prise de décision. Ces résultats sont similaires à ceux de Midingoyi *et al.* (2019) qui ont montré que les producteurs de mangues qui avaient suivi des formations sur la manipulation en toute sécurité des pesticides étaient plus susceptibles d'adopter les pesticides présentant moins de risques de santé au Kenya. Le résultat d'exploitation influence positivement l'adoption de la technologie Biofeed. Les producteurs tirant plus de revenu de l'exploitation de vergers de manguiers sont plus enclins à adopter la technologie Biofeed. Midingoyi *et al.* (2019) et Kebede *et al.* (1990) ont montré au Kenya et au Malawi que l'augmentation du revenu agricole entraînait une meilleure adoption des pesticides par les agriculteurs.

Contrairement à nos attentes, la superficie influence négativement l'adoption de la technologie Biofeed. Les producteurs de mangues ayant de grandes superficies consentent moins à l'adopter. Probablement parce que, en dehors des autres coûts liés à la production, en cas de suppression de la subvention, le coût de la technologie deviendrait un

poids important avec l'accroissement de la superficie. Ces résultats sont similaires à ceux d'Isoto *et al.* (2014) et d'Adesina et Baidu-Forson (1995). Isoto *et al.* (2014) ont montré, par exemple, que la superficie influençait négativement l'adoption des technologies de gestion intégrée des pestes sur le café en Ouganda. Avoir un compte en banque influe positivement sur l'adoption de la technologie Biofeed. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les individus disposant de comptes bancaires ont certainement une épargne leur permettant d'adopter la nouvelle technologie en cas de suppression de la subvention des 100 dollars US par hectare. Une autre explication serait qu'avec un compte bancaire, ces producteurs ont la possibilité de solliciter des prêts.

CONCLUSION

La mouche des fruits constitue une menace importante sur la production de mangues et, par conséquent, sur le système alimentaire. Au Togo, les dégâts causés par ce nuisible sont énormes, conduisant ainsi l'Université de Kara à initier, en 2018, un projet visant à lutter contre la mouche des fruits à travers la technologie Biofeed. Un échantillon de producteurs de mangues au nord du Togo a bénéficié à cet effet d'une subvention de 100 dollars à l'hectare, soit 100 % du coût d'acquisition de la technologie Biofeed. La présente étude avait pour objectif d'analyser les déterminants de l'adoption par les producteurs de mangues de cette technologie en cas de suppression de la subvention en utilisant la méthode d'évaluation contingente et des données collectées auprès de 114 producteurs de mangues au Nord Togo.

Les résultats montrent que les vergers de manguiers où a été installée la technologie Biofeed sont rentables. Et ils seraient toujours rentables si les producteurs devaient payer 100 dollars US à l'hectare pour cette technologie. Quant au consentement à payer, tous les producteurs de mangues déclarent être prêts à payer la technologie Biofeed pour un montant moyen de 73 dollars US par hectare. Mais 38 % seulement sont prêts à payer au moins 100 dollars US par hectare pour une adoption de cette technologie ; le montant moyen déclaré par ces derniers est

d'environ 130 dollars US par hectare. Les variables niveau d'éducation, sensibilisation ou formation relatives aux mouches de fruits, recettes moyennes, possession d'un compte en banque sont les principaux déterminants de l'adoption de la technologie Biofeed en cas de suppression de la subvention. Une sensibilisation sur l'utilisation de la technologie à travers des formations et des services de vulgarisation est conseillée en ciblant principalement les producteurs à faible niveau d'instruction afin de s'assurer d'une bonne adoption de la technologie Biofeed à long terme.

Les auteurs remercient, d'une part, l'Institut de conseil et d'appui technique (ICAT) et la Direction régionale de l'Agriculture, de la Production animale et halieutique (DRAPAH) du Togo pour leur avoir fourni la liste des producteurs de mangues du Nord Togo et, d'autre part, l'Université de Kara et la firme israélienne Biofeed pour la mise à leur disposition des données sur les bénéficiaires de la technologie et le soutien financier qui ont facilité les travaux.

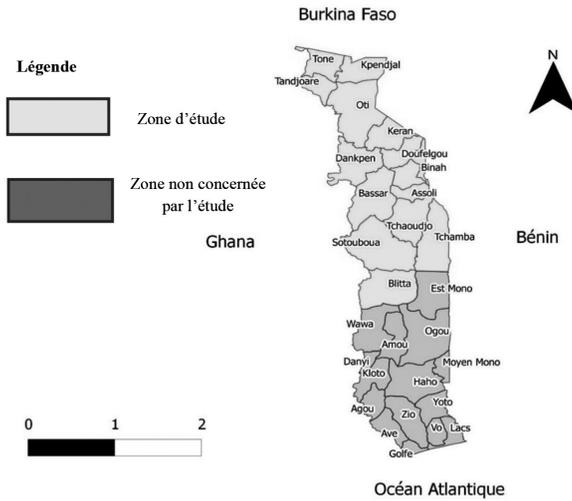
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adesina A.A., Baidu-Forson J, 1995, "Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology : Evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa", *Agricultural Economics*, vol. 13, p. 1-9.
- Ali E., Egbendewe A.Y.G., Abdoulaye T., Sarpong D.B., 2020, "Willingness to pay for weather index-based insurance in semi-subsistence agriculture : Evidence from Northern Togo", *Climate Policy*, vol. 20, n° 5, p. 534-547.
- Biggs S.D., 1990, "A multiple source of innovation model of agricultural research and technology promotion", *World Development*, vol. 18, p. 1481-1499.
- Boxall P.C., Adamowicz W.L., Swait J., Williams M., Louviere J., 1996, "A comparison of stated preference methods for environmental valuation", *Ecological Economics*, vol. 18, n° 3, p. 243-253.
- Biofeed, 2018, "Togo marks a global historical achievement in crop protection, using Israeli pest-control technology to reduce crop loss to unprecedentedly low levels", Biofeed report. www.biofeed.co.il. (consulté le 15/08/2019).
- Chevas J.P., Nauges C., 2020, "Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture", *Applied Economic Perspectives and Policy*, vol. 00, n° 00, p. 1-12.
- Cohen-Skalli E., 1974, « Trois mesures de l'évolution de la rentabilité de 1966 à 1972 », *Économie et Statistique*, vol. 60, n° 1, p. 17-30.
- Diamond P.A., Hausman J.A., 1994, "Contingent valuation : Is some number better than no number?", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n° 4, p. 45-64.
- Doss C.R., 2006, "Analyzing adoption using microstudies : Limitations, challenges, and opportunities for improvement", *Agricultural Economics*, vol. 34, p. 207-219.
- Feder G., Just R.E., Zilberman D., 1985, "Adoption of agricultural innovation in Developing countries : A survey", *Economic Development and Cultural Change*, vol. 33, n° 2, p. 255-298.
- Githiomi C., Muriithi B., Irungu P., Mwangi C.M., Diiro G., Affognon H., Ekesi S., 2019, "Economic analysis of spillover effects of an integrated pest management (IPM) strategy for suppression of mango fruit fly in Kenya", *Food Policy*, vol. 84, p. 121-132.
- Hanemann W.M., 1984, "Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses", *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 66, n° 3, p. 332-341.
- Hendrichs J., 1996, "Action programs against fruit flies of economic importance : Session overview", *Fruit Fly Pests : A World Assessment of Their Biology and Management* / McPherson B., Steck G. (ed.), St-Lucie Press, Delray Beach, p. 513-519.

- Isoto R.E., Kraybill D.S., Erbaugh M.J., 2014, "Impact of integrated pest management technologies on farm revenues of rural households : The case of smallholder Arabica coffee farmers", *African Journal of Agriculture and Resources Economics*, vol. 9, n° 2, p. 119-131.
- Kayiui-Mugerwa S., 1998, "A review of macroeconomic impediments to technology adoption in African agriculture", *African Development Review*, vol. 10, n° 1, p. 211-225.
- Kebede Y., Gunjal K., Coffin G., 1990, "Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture : The case of Tegulet-Bulga District, Shoa province", *Agricultural Economics*, vol. 4, n° 1, p. 27-43.
- Khonje M.G., Manda J., Mkandawire P., Tufa A.H., Alene A.D., 2018, "Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies : Evidence from eastern Zambia", *Agricultural Economics*, vol. 49, n° 5, p. 599-609.
- Kibira M., Affognon H., Njehia B., Muriithi B., Ekesi S., 2015, "Economic evaluation of integrated management of fruit fly in mango production in Embu County, Kenya", *African Journal of Agricultural and Resources Economics*, vol. 10, p. 343-353.
- Koundouri P., Nauges C., Tzouvelekas V., 2006, "Technology adoption under production uncertainty : Theory and application to irrigation technology", *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 88, n° 3, p. 657-670.
- Lam H., Edewa A., Kleih U., 2012, "Impact of SPS standards on agri-food trade : A case study of the invasive fruit fly (*Bactrocera invadens*) in Kenya", *Food Chain*, vol. 2, n° 1, p. 86-103.
- Lancaster K., 1966, "A new approach to consumer theory", *Journal of Political Economy*, vol. 74, n° 2, p. 132-157.
- Levallois R., 2014, *Guide de gestion de l'entreprise : une approche économique, financière et humaine*, Éditions France Agricole.
- Lin J.Y., 1991, "Education and Innovation Adoption in Agriculture : Evidence from Hybrid Rice in China", *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 73, p. 713-723.
- Midingoyi S.G., Kassie M., Muriithi B., Diiro G., Ekesi S., 2019, "Do farmers and the environment benefit from adopting integrated pest management practices ? Evidence from Kenya", *Journal of Agricultural Economics*, vol. 70, n° 2, p. 452-470.
- Miller T., Tolley G., 1989, "Technology adoption and agricultural price policy", *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 71, n° 4, p. 847-857.
- Muriithi B.W., Affognon H.D., Diiro G.M., Kingori S.W., Tanga C.M., Nderitu P.W., Ekesi S., 2016, "Impact assessment of integrated pest management strategy for suppression of mango-infesting fruit flies in Kenya", *Crop Protection*, vol. 81, p. 20-29.

- Otsuka K., 2006, "Why can't we transform traditional agriculture in Sub-Saharan Africa?", *Review of Agricultural Economics*, vol. 28, n° 3, p. 332-337.
- PLMF, 2019, *Projet de soutien au plan régional de lutte et de contrôle des mouches des fruits en Afrique de l'Ouest. Rapport de l'atelier de clôture et capitalisation du PLMF*, Dakar (Sénégal), 29 au 31 juillet 2019.
- Rauniyar G.P., Goode F.M., 1992, "Technology adoption on small farms", *World Development*, vol. 20, n° 2, p. 275-282.
- Rogers E.M., 1995, *Diffusion of innovations*, New York (USA), Free Press.
- Teno G., Lehrer K., Koné A., 2018, « Les facteurs de l'adoption des nouvelles technologies en agriculture en Afrique subsaharienne : une revue de littérature », *African Journal of Agricultural and Resources Economics*, vol. 13, n° 2, p. 140-151.
- Wooldridge J.M., 2014, *Introductory econometrics : A Modern Approach*, 5th ed., Mason, OH : South-Western, Cengage Learning EMEA, United Kingdom.
- Yovo K., 2010, « Consentement à payer les biopesticides : une enquête auprès des maraîchers du littoral au Sud-Togo », *Tropicicultura*, vol. 28, p. 101-106.

ANNEXE

FIG. 1 – La zone d'étude. *Source* : Auteurs.