



Regards croisés pratiques paysannes et introduction d'innovations : Cas des nématodes comme méthode de lutte biologique contre les charançons de la patate douce au Nord-Ouest du Bénin

Jesrose Ahouefa Anen GUIDI¹, Ingrid Sonya Mawussi ADJOVI¹, Guy Sourou NOUATIN¹,
Jean N'TCHA SEMA¹, Tshimangadzo RAMAKUWELA², David SHAPIRO-ILAN³,
Hugues BAIMEY⁴

¹ Département d'Economie et de Sociologie Rurales,
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

² Agricultural Research Council-SG, Bethlehem, South Africa

³ USDA-ARS, SAA, SE Fruit and Three Nut Research, USA

⁴ Département de Sciences et Techniques de Production Végétale,
Faculté d'Agronomie, Université de Parakou

Emails : roseguidi6@gmail.com ; samysonya@yahoo.fr ; gnouatin@gmail.com ; jamessemal@gmail.com ; ramakuwelat@arc.agric.za ; david.shapiro@usda.gov ; baimeyhugues@gmail.com

Reçu le 2 Avril 2021 - Accepté le 14 Juin 2021 - Publié le 30 Juin 2021

Cross-views of farming practices and introduction of innovations : case of nematodes as a biological control method against sweet potato weevils in northwest Benin

Abstract: Sweet potato weevils (*Cylas spp.*) hinder the intensification of this crop. As a means for controlling these pests, a technological innovation consisting of the use of entomopathogenic nematodes has been developed. This study aims to describe the geographical characteristics of the study area, the practices of sweet potato producers and their willingness to pay for access to the innovation. The research was conducted in the Atacora department, especially in the municipalities of Toucountouna, Natitingou and Boukoumbé. A total of 80 producers selected using snowball technique were surveyed for an interview. A questionnaire and direct observation sheets were used. For data analysis, discourse analysis and descriptive statistics were used. For producers in Atacora, sweet potato prefers light, loose and deep soils. Plots are often acquired by inheritance (79%) and the crop is planted on small plots of less than one hectare with yields less than 10 t/ha (fresh matter). This low production is due to several constraints, among which the weevil attack being the most important. After harvest, storage is often done in granaries (42.5%). About the use of entomopathogenic nematodes, all the producers think that it is a simple and easy to use practice. Moreover, they are willing to pay for this technology provided that the purchase price of the treatment does not exceed 1,000 francs. A project to support the progressive adoption of the nematode innovation would be useful and would bear no risks to the consumer.

Keywords: Innovation, nematode, sweet potato weevil, *Cylas spp.*, Benin.

Résumé : Les charançons de la patate douce (*Cylas spp.*), constituent un frein à l'intensification de cette culture. Comme moyen de lutte contre ces ravageurs, une innovation technologique consistant à utiliser des nématodes entomopathogènes a été développée. Cette étude vise à décrire les caractéristiques géographiques du milieu d'étude, les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation. La recherche a été conduite dans le département de l'Atacora, précisément dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoumbé. Au total, 80 producteurs choisis par la technique boule de neige ont été enquêtés en utilisant un guide d'entretien, un questionnaire et des fiches d'observations directes. L'analyse de discours et les statistiques descriptives ont été utilisées pour analyser les données collectées. Pour les

producteurs de l'Atacora, la patate douce préfère des sols pas très lourds, meubles et profonds. Les parcelles sont souvent acquises par héritage (79%) et la patate douce est plantée sur de petites parcelles de moins d'un hectare avec des rendements de l'ordre de moins de 10 t/ha (matière fraîche). Cette faible production est due à plusieurs contraintes dont la principale est l'attaque par les charançons. Après la récolte, le stockage se fait souvent dans les greniers (42,5%). En ce qui concerne l'utilisation des nématodes entomopathogènes, l'ensemble des producteurs pense que c'est une pratique simple et facile à utiliser. De plus, ils sont disposés à payer pour acquérir cette technologie mais à condition que le prix d'achat du traitement n'excède pas 1.000 F CFA. La mise sur pieds d'un projet d'appui à l'adoption progressive de l'innovation nématode entomopathogène serait utile et sans risque aux consommateurs.

Mots clés : Innovation, nématode, Charançon de la patate douce, *Cylas* spp., Bénin.

1. Introduction

Au Bénin, les racines et tubercules constituent la deuxième source de calories dans l'alimentation des habitants (Mitchikpè *et al.*, 2003 ; Gandonou *et al.*, 2010). Ils participent à la lutte contre la pauvreté à travers l'amélioration de la sécurité alimentaire et la création de revenus (Bell *et al.*, 2000). En tant qu'aliment de substitution en période de soudure, les tubercules et les racines tubéreuses jouent un rôle majeur dans plusieurs ménages tant urbains que ruraux et leurs consommations par habitant sont d'environ 84 kg/an (Harouna *et al.*, 2015). La patate douce est l'une de ces racines qui sont fortement consommées par les Béninois. Elle a un rendement plus différent selon la région du monde où elle est cultivée avec une moyenne de 4,7 t/ha en Afrique (Stathers *et al.*, 2013a). Sous des conditions défavorables et en milieu humide, la culture de la patate douce ne présente pas réellement de difficultés (Stathers *et al.*, 2013a). Elle demande peu de travail de la part du producteur. De même, elle offre plusieurs avantages : elle est une culture simple, peu exigeante et arrive à survivre là où les autres cultures comme le maïs meurent. Elle demande aussi moins de main d'œuvre que la plupart des cultures vivrières (Stathers *et al.*, 2013b). Les caractéristiques agronomiques telles qu'une large adaptabilité, une forte productivité, un cycle court et une forte valeur nutritionnelle font de la patate douce une culture particulièrement importante pour la sécurité alimentaire des pays soumis au changement climatique (Bovell, 2007). La patate douce entre dans de multiples préparations culinaires (bouillies, frites, purées, gâteaux). Ces racines tubérisées sont aussi utilisées en alimentation animale. Les feuilles sont consommées sous forme de condiment ou légumes feuilles ou encore comme fourrage pour le bétail (Vernier et Varin, 1994).

Cependant, malgré cette importance notée, la production de la patate douce est sujette aux maladies causées par plusieurs ravageurs notamment les insectes qui influencent son rendement. Les attaques de la patate

douce par les ravageurs peuvent entraîner des pertes de rendement allant de 20 à 80% (Theberge *et Gauthier.*, 1985). Ainsi, pour lutter contre ces insectes ravageurs, plusieurs méthodes sont promues par le projet NAS/USAID-2000011107 dont l'utilisation des Nématodes Entomopathogènes. Les nématodes, parasites d'insectes sont connus depuis longtemps mais leur utilisation pour la lutte biologique des cultures est assez récente (Masclat, 2016). Deux familles sont exploitables en lutte ; ce sont les *Steinernematidae* et les *Heterorhabditidae*. Pour Masclat (2016), ces nématodes possèdent une bactérie symbiotique et ont un potentiel d'utilisation remarquable. Ils infestent une très large gamme d'insectes et quelques arthropodes mais ont l'avantage de ne pas s'attaquer ni aux mammifères ni aux végétaux. La mort de l'hôte survient rapidement, un à deux jours après l'infestation (Masclat, 2016). En tant qu'une innovation dans les méthodes de lutte biologique, il serait important de mesurer son niveau d'acceptabilité par les producteurs.

Ce travail vise à décrire les caractéristiques géographiques du milieu d'étude, les pratiques des producteurs de patate douce et documenter leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation et l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

2. Cadre théorique

L'innovation peut être définie comme le « résultat de la mise en application d'idées nouvelles et de recherches » (Lehu, 2004). De grands économistes se sont penchés sur la particularité de l'innovation et ont tenté de la définir de la manière suivante : l'innovation est perçue comme « la recherche déterminée et organisée de changements, et dans l'analyse systématique des opportunités que de tels changements peuvent offrir en termes de progrès économique ou social ». Pour Wood and Wood (2005), l'innovation résulte d'un processus interactif se déroulant au sein de réseaux hétérogènes de chercheurs, agriculteurs, entrepreneurs privés,

* Auteur Correspondant : samysonya@yahoo.fr

Copyright © 2021 Université de Parakou, Bénin

organisations non gouvernementales (ONG), acteurs gouvernementaux et autres partenaires, et dans un environnement qui peut favoriser ou au contraire restreindre l'innovation (Hall et Clark, 2010).

Dans un résumé des travaux de Schumpeter sur l'innovation et l'entreprise, Śledzik (2013) pense que ce dernier définit l'innovation comme toute nouvelle combinaison des moyens de production. Schumpeter précise sa définition en énumérant cinq formes possibles de l'innovation : un nouveau produit, une nouvelle méthode de production, un nouveau marché, un nouvel approvisionnement et une nouvelle organisation de la production.

Bien que ces différentes approches de définitions se complètent, c'est celle retenue par Wood and Wood (2005) qui semble la plus pertinente pour la présente recherche, car elle priorise l'influence du contexte sur l'adoption de l'innovation issue des découvertes scientifiques.

Les nématodes entomopathogènes sont des parasites obligatoires et létaux d'insectes (San-Blas, 2013). Ils se rencontrent sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique (Ferreira et Malan, 2014). Ils sont utilisés contre de nombreux ravageurs des cultures dans de nombreuses régions du monde y compris de nombreux pays tropicaux (Kaya *et al.*, 2006 ; Lacey et Shapiro-Ilan, 2008 ; Zadjji *et al.*, 2014). Les familles *Steinernematidae* et *Heterorhabditidae* sont les plus utilisées en lutte biologique. Elles possèdent un potentiel de reproduction élevé et sont sans danger pour les organismes non ciblés, deux caractéristiques qui font d'elles de potentiels agents de lutte biologique contre des organismes nuisibles tels que les charançons de la patate douce (Kaya et Gaugler, 1993). Ces nématodes présentent plusieurs autres avantages : ils sont sans danger pour l'environnement. Les L1 ou troisième stade larvaire (L3) (Kaya, 2000 ; Hyrsl, 2011) de ces organismes sont spécifiques à l'hôte (Campbell *et al.*, 2003) et ils peuvent être utilisés avec la plupart des pesticides (Forschler *et al.* 1990 ; Rovesti et Deseö, 1991).

Des isolats de nématodes entomopathogènes se sont particulièrement révélés efficaces sur *C. formicarius* en Guadeloupe (Mauléon et Denon, 2008). Jansson *et al.* (1991) ont testé l'effet de nématodes entomopathogènes sur le même insecte et les résultats ont montré que l'application de *H. bacteriophora* réduit significativement les dégâts causés aux racines tubéreuses de la patate douce. La démarche méthodologique adoptée est présentée dans les lignes suivantes.

3. Matériel et méthodes

Pour aboutir aux différents résultats, une approche méthodologique adéquate a été adoptée en fonction des

données disponibles. En général, l'analyse de discours et la statistique descriptive sont les méthodes d'analyse les plus utilisées dans le cadre de cette étude.

3.1. Cadre physique de la recherche

La présente étude s'est déroulée dans le département de l'Atacora, précisément dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoubé. Le département de l'Atacora est situé au Nord-Ouest du Bénin. Il est limité au Nord par le Burkina-Faso et le département de l'Alibori, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par les départements du Borgou et de l'Alibori, et au Sud par le département de la Donga. Avec une superficie totale de 20 499 km², l'Atacora est le troisième département le plus étendu après l'Alibori et le Borgou (INSAE-Bénin, 2016). Il est subdivisé en neuf (9) communes avec Natitingou comme Chef-lieu du département, ces autres communes sont Kérou, Kouandé, Péhunco, Cobly, Boukoubé, Matéri, Toucountouna, et Tanguéta. Les différents types de sols de ce département (Figure 1) permettent, de l'Est vers l'Ouest, la culture des plantes à racines et tubercules telles que manioc, patate douce et igname, des céréales (mil, maïs, fonio, sorgho) et des légumineuses (haricot et voandzou). Dans toutes les communes, la branche d'activité "agriculture, pêche et chasse" est pratiquée à plus de 70% selon le RGPH4 (INSAE-Bénin, 2016).

De l'observation de la figure 1, plusieurs types de sols sont rencontrés dans les communes d'étude. Les sols les plus dominants sont les sols ferrugineux suivis des sols minéraux et peu évolués. Les sols ferrugineux couvrent près de 90 % de la superficie du secteur d'étude. Or la culture de la patate douce est favorable sur les sols légers comme ceux argilo-sableux et ferrugineux (Vernier, 1994, 55) typique à ceux du secteur d'étude.

3.2. Echantillonnage

La recherche a été réalisée dans les communes de Toucountouna, Natitingou et Boukoubé sélectionnées de façon raisonnée sur la base du volume de production de la patate douce dans le département de l'Atacora. Dans l'ensemble de ces trois communes, huit (08) villages ont été sélectionnés par choix raisonné. Le choix de ces villages tient compte de leur expérience en production de patate douce et aussi du fort taux de production de la culture.

L'unité d'enquête de cette étude est constituée essentiellement des producteurs de patate douce identifiés grâce à la technique d'échantillonnage boule de neige. Au total, quatre-vingts (80) producteurs ont été enquêtés dans les trois communes par l'administration d'un questionnaire. Le tableau 1 présente la répartition des enquêtés par site.

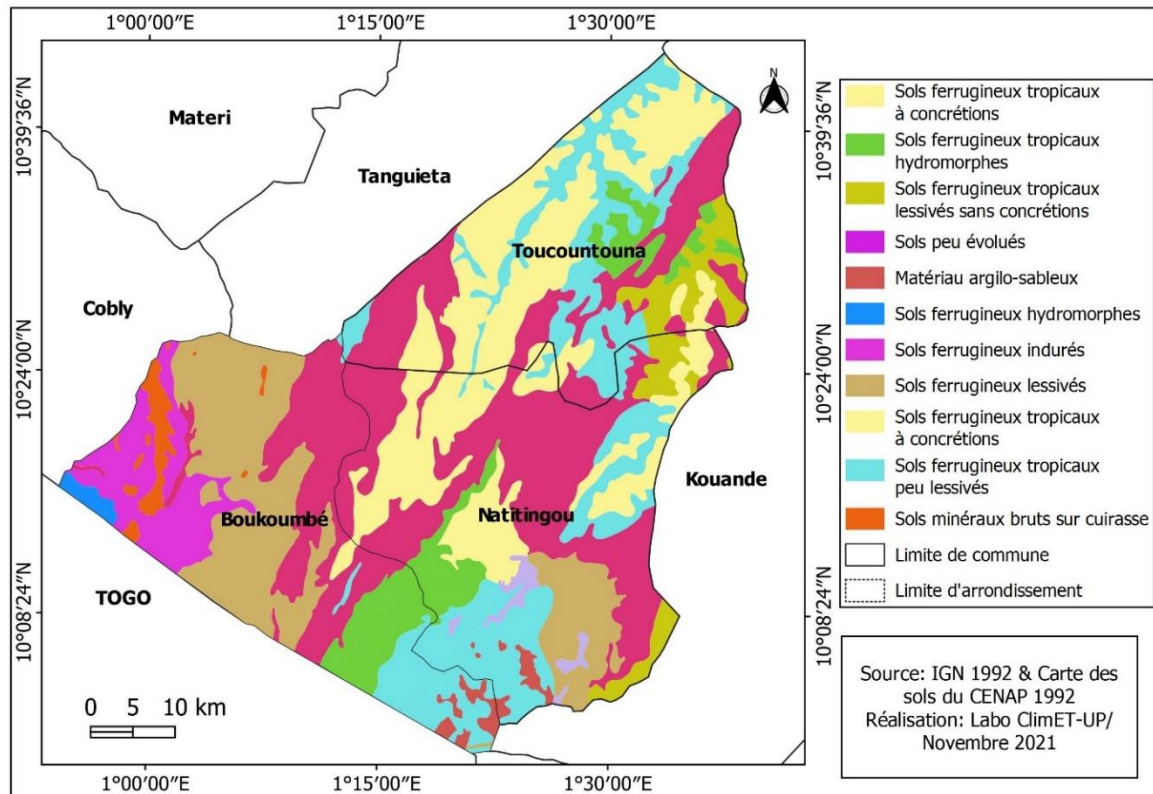


Figure 1 : Carte pédologique des communes de la zone d'étude

Figure 1: Soil map of the municipalities in the study area

Tableau 1 : Localités prospectées et effectif de producteurs interviewés par localité

Table 1: Localities surveyed and number of producers interviewed by locality

Communes	Arrondissements	Villages	Effectif
Boukoubé	Nata	Koutangou	21
	Manta	Dipoko	
Toucountouna	Tampegre	Wansokou Yimpotingou	19
Natitingou	Natitingou 3 Kouandata	Bérécingou	40
		Tigninti	
		Kounadorgou Kouandata	
Total			80

3.3. Techniques et outils de collecte et d'analyse des données

Pour la collecte des données, la démarche adoptée a priorisé des entretiens semi structurés et l'observation directe. Pour mettre en œuvre ces différentes techniques, les outils utilisés sont respectivement le guide d'entretien, le questionnaire et la grille d'observation.

L'analyse des données a notamment mobilisé les techniques telles que la statistique descriptive en particulier la réalisation d'histogrammes de fréquences,

l'analyse des discours et la prise de photographies commentées. La triangulation de ces techniques a permis de faire ressortir les tendances majeures dégagées à l'issue du traitement des données.

3.4. Contexte d'expérimentation du consentement à payer des producteurs

Dans le cadre du projet, des champs expérimentaux ont été mis en place dans les différentes communes identifiées par cette recherche. Ainsi, sur ces différents sites, des essais ont été conduits par les agents du projet en collaboration avec les producteurs de patate douce. Il a été présenté l'itinéraire technique de l'application des nématodes afin de faire connaître aux producteurs le produit et leur montrer également son efficacité. Les producteurs se sont basés plus sur les résultats des expérimentations effectuées au sud qui leur ont été projetés et expliqués pour donner leur perception sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes pour lutter contre les insectes ravageurs de patate douce.

Pour pouvoir analyser la perception des producteurs par rapport à l'utilisation des nématodes entomopathogènes, trois sites ont été choisis dans les trois communes pour appliquer l'utilisation des nématodes entomopathogènes du début jusqu'à la fin du cycle de production de la patate douce.

Cependant, la survenue de la pandémie du COVID 19 en 2020 a constitué une difficulté majeure dans l'obtention à temps du gel nécessaire à l'application des nématodes. Le déroulement du projet a dû accuser un certain retard et l'application des nématodes n'a pas pu être faite durant la première campagne de culture de la patate douce. Cette difficulté a pu être surmontée durant la campagne 2021 où le site de Natitingou a été retenu. Les producteurs identifiés dans les trois communes ont été déplacés pour suivre la plantation, l'application du gel et la récolte de la patate douce (entre juillet et novembre 2021). A cet effet, un champ école d'une superficie de 0,078 ha a été utilisé à Natitingou. Sur cette superficie, 300 buttes de terre ont été réalisées pour la culture de la patate douce. La technologie des nématodes a été inoculée sur des plants situés sur un total de 240 buttes de terres.

4. Résultats

4.1. Système de culture de la patate douce dans la zone de l'étude

La production de la patate douce dans l'Atacora se fait en plusieurs étapes telles que : le choix de la parcelle, la préparation du sol, la multiplication des racines de patate douce, la plantation, l'entretien, la fertilisation, la récolte et la conservation.

4.1.1. Choix de la parcelle

Pour les producteurs de l'Atacora, la patate douce préfère des sols pas très lourds, meubles et profonds, humides et bien drainés. Les sols de l'Atacora sont généralement très pauvres en matière organique, ce qui rend difficile la culture de cette spéculatation. Les terres dont disposent les producteurs de ces localités pour la production de la patate douce sont obtenues majoritairement par héritage (79%) (Figure 2). Les autres modes de faire valoir de la terre sont respectivement l'achat (14%) et la location (8%).

La superficie totale emblavée en moyenne par producteur est de 3 ha ($\pm 1,27$) et l'espace réservé pour la production de la patate douce représente en moyenne environ 0,75. ($\pm 1,27$).

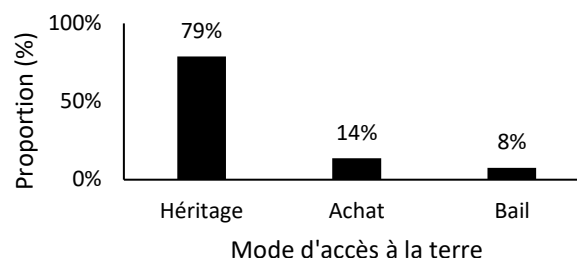


Figure 2 : Mode d'accès à la terre par les producteurs de patate douce des communes identifiées

Figure 2: Mode of access to land by sweet potato producers in the identified municipalities

4.1.2. Préparation du terrain

Après défrichage, un léger labour suffit sur un sol léger et un labour profond lorsque le sol est un peu lourd. Après, s'en suit la confection des buttes de 50 - 60 cm de diamètre à la base et 30 - 40 cm de hauteur avec un écartement de 1m entre elles. Les matières organiques utilisées pour la préparation des sols par les producteurs sont notamment la fiente de volaille.

4.1.3. Modes de multiplication de la patate douce

Pour la multiplication, tous les producteurs utilisent des racines, des lianes de patate douce stockées lors des campagnes antérieures. Elles se reproduisent par germination pour donner de nouvelles plantes. Ces dernières sont transplantées sur les buttes lors de la nouvelle campagne. Les producteurs qui n'ont pas assez de stock achètent chez ceux qui en disposent assez.

La figure 3 décrit l'itinéraire de multiplication des plants de patate douce dans l'Atacora.

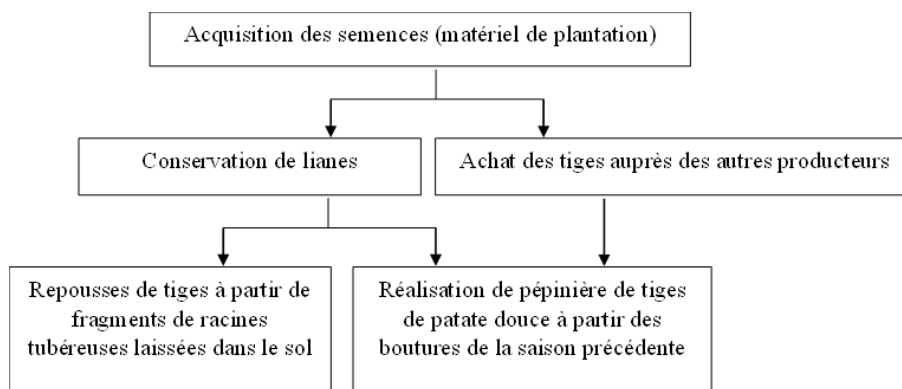


Figure 3 : Mode d'obtention des boutures de patate douce destinées à la production

Figure 3: Method of obtaining sweet potato cuttings intended for production

4.1.4. *Plantation et période de plantation et entretien*

Les lianes (30 à 40 cm de long) sont généralement plantées inclinées ou placées horizontalement sur des buttes avec deux ou trois nœuds enterrés et de manière à laisser libres leurs deux extrémités. La photo 1 présente les buttes préparées pour la plantation de la patate douce.

La durée du cycle végétatif de la patate douce varie selon les variétés et peut se situer entre trois et six mois. Elle est souvent plantée en saison humide dans

l'Atacora à partir de juin dès que la saison des pluies commence. Les photos 2 et 3 présentent, respectivement, les jeunes plants de patate douce sains (Photo 2) et attaqués par des insectes (Photo 3).

Le sarclage et le binage constituent les principales activités d'entretien. Le sarclage peut être réalisé 1 à 1,5 mois après la plantation suivant le développement des lianes tant que le feuillage ne couvre pas le sol. En cas de concurrence des adventices, des arrachages ponctuels se font.



Photo 1 : Buttes attendant la plantation de la patate douce dans le village Dipoko, Boukoubé

Photo 1: Mounds awaiting the planting of the sweet potato in the village of Dipoko, Boukoubé

Source : Cliché Adjovi, juin 2020 / Photo Adjovi, June 2020



Photo 2 : Jeunes plants de patate douce d'un mois dans le village de Koutangou, Boukoubé

Photo 2: Young sweet potato plants one month old in the village of Koutangou, Boukoubé

Source : Cliché N'Tcha Sema, Août 2020 / Photo N'Tcha Sema, August 2020

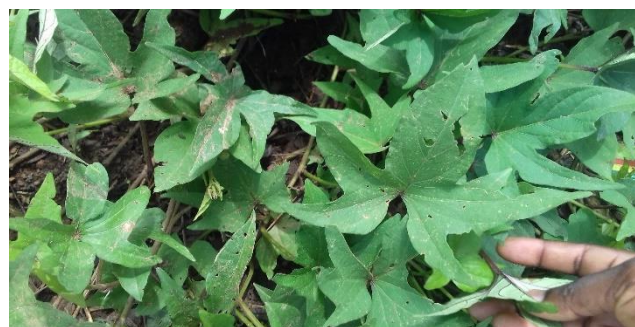


Photo 3 : Jeunes plants de patate douce attaqués par des insectes dans le village de Koutangou, Boukoubé

Photo 3: Young sweet potato plants attacked by insects in the village of Koutangou, Boukoubé

Source : Cliché N'Tcha Sema, Août 2020 / Photo N'Tcha Sema, August 2020

4.1.5. Fertilisation des sols et récolte de la production

A cause de sa faible exigence, en matière de suivi la patate douce peut être cultivée sans apports d'éléments fertilisants. Néanmoins, la production peut être améliorée en cas de fertilisation. Pour cela, les producteurs utilisent le fumier de ferme et les composts ménagers.

Les plants sont à maturité quand les feuilles commencent à jaunir et les buttes se fendent pour laisser parfois apparaître les racines tubéreuses. Ce n'est qu'à ce moment que la récolte est prévue et il est important de la réaliser en temps sec et surtout d'éviter de blesser les racines tubéreuses. La maturité se manifeste parfois par un jaunissement des feuilles et des tiges qui fanent par la suite. Les racines tubéreuses sont mûres quand le latex (liquide) qui en sort lorsqu'on les coupe ne prend

pas rapidement une couleur foncée, mais reste au contraire plutôt clair. Pour récolter, on coupe d'abord la biomasse aérienne puis on casse les buttes à la houe pour récupérer l'ensemble des racines tubéreuses. Ensuite on procède à l'arrachage à la main.

Lorsqu'il s'agit juste de sélectionner les grosses racines tubéreuses déjà mûres on agit tout doucement avec la houe de manière à ne pas casser toute la butte afin de laisser le reste des racines tubéreuses poursuivre leur développement. Les buttes sont alors refermées aussitôt.

La photo 4 présente les patates douces récoltées et la photo 5 montre une patate douce récoltée et attaquée par les ravageurs.



Photo 4 : Racines tubéreuses de patate douce récoltées dans le village de Yimpotingou, Toucountouna

Photo 4: Sweet potato tuberous roots harvested in the village of Yimpotingou, Toucountouna

Source : Cliché N'Tcha Sema, Novembre 2020 / Photo N'Tcha Sema, November 2020



Photo 5 : Racines tubéreuses de patate douce récoltées attaquées par des ravageurs dans le village de Yimpotingou, Toucountouna

Photo 5: Harvested sweet potato tuberous roots attacked by pests in the village of Yimpotingou, Toucountouna

Source : Cliché Adjovi, Décembre 2020 / Photo Adjovi, December 2020

4.1.6. Conservation de la récolte

D'après les producteurs, la patate douce produite est conservée dans les magasins de stockage, grenier, chambre et dans les trous. La figure 4 présente les pourcentages de producteurs utilisant les différents lieux de conservation de la patate douce dans l'Atacora.

D'après la figure 4, les greniers sont plus utilisés pour le stockage par 42,5% des producteurs. Il s'agit de greniers en paille permettant une bonne aération. Cette technique permet de conserver les patates douces pendant au moins deux mois.

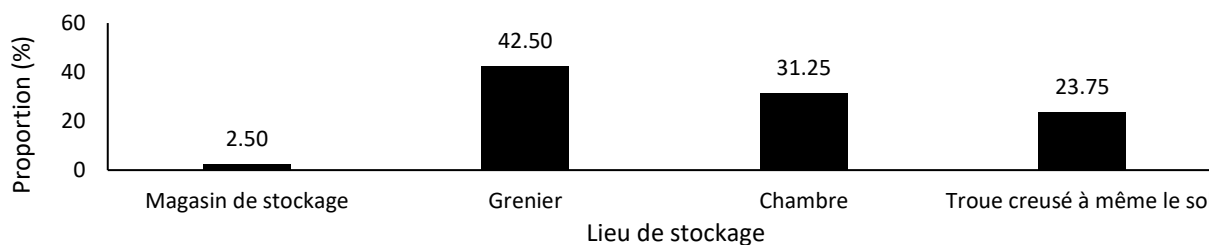


Figure 4 : Différents lieux de conservation de patate douce dans les communes concernées

Figure 4: Different places where sweet potatoes are stored in the municipalities concerned

4.2. Expérience des producteurs dans les activités de production

Les résultats obtenus par rapport à l'expérience de production de la patate douce des producteurs révèlent que l'expérience moyenne du travail agricole par ceux-ci est de 15,46 ans soit environ 16 ans. Alors que leurs âges varient entre 18 et 80 ans avec une moyenne d'âge égale à 38 ans. On peut alors dire que les producteurs commencent alors les activités champêtres dès leur plus jeune âge.

4.3. Contraintes liées à la production de la patate

Sur 3 hectares de terre disponibles en moyenne, les producteurs n'utilisent qu'environ 0,75 hectare pour la production de la patate douce.

D'après ces producteurs ce fait serait dû à la perte importante qu'ils enregistrent à cause des dégâts des insectes (91,25%), le manque de moyens adéquat de stockage du produit après récolte (60% de producteurs) et l'inexistence du marché d'écoulement des patates douces produites (53,75% de producteurs) (Figure 5). Ces paramètres sont entre autres ce qui a démotivé les producteurs à cultiver de grandes superficies pour la production de patate douce. Les patates douces

produites sont majoritairement destinées à la consommation (92% de producteurs). Une petite quantité est destinée à la vente (8% de producteurs) et cette vente se fait par tas de 1kg à 100F CFA et par bassine (environ 20kg par bassine) à 1500 FCFA au plus dans les marchés locaux ces montants correspondent respectivement environ à 0,17 dollar US et 2,5 dollars US la patate douce fraîche.

En plus de ces contraintes liées à la production de la patate douce, des contraintes d'ordre plus général ressortent des entretiens menés. Il s'agit notamment de la pénibilité du travail, les moyens rudimentaires utilisés pour la plantation et la récolte, la difficulté de l'écoulement d'une grande production sur les marchés locaux et la forte variabilité climatique liée aux changements.

Aussi, les importantes pertes subies après l'attaque des patates douces récoltées par les ravageurs sont récurrentes dans ces localités où aucune solution endogène n'est proposée pour lutter contre ces ravageurs (des insectes et quelques arthropodes dans la majorité des cas).

Pour aider les producteurs, la méthode exogène qui consiste à l'utilisation des nématodes leur a été présentée.

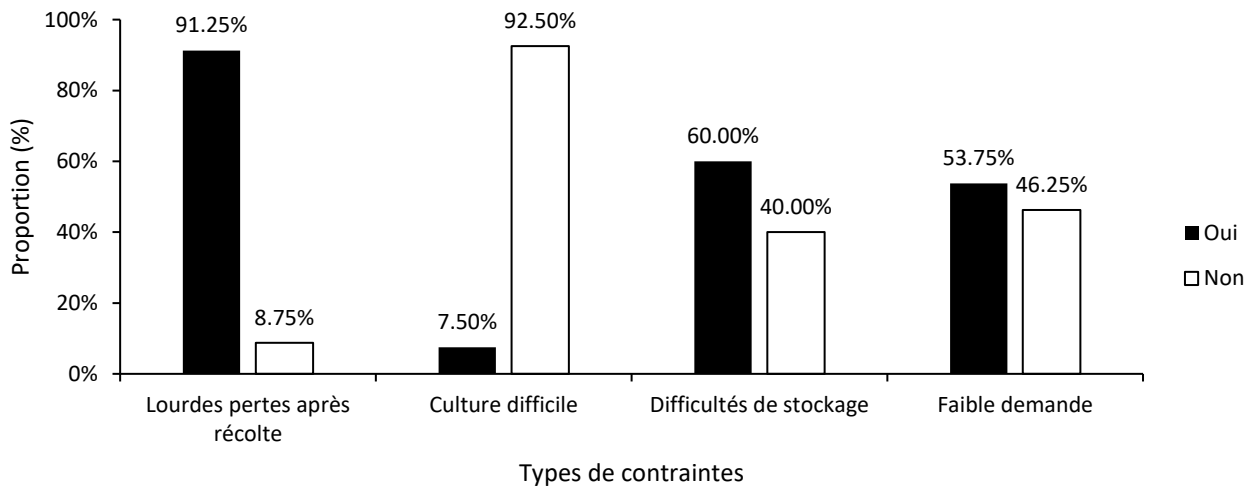


Figure 5 : Types de contraintes liées à la culture selon les producteurs

Figure 5: Types of constraints linked to cultivation according to producers

4.4. Perception des producteurs sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes

Le tableau 2 présente la perception des producteurs sur les résultats de l'utilisation des nématodes entomopathogènes qui leur ont été présentés.

Sur 80 producteurs enquêtés, 58 (soit 72,5%) ont trouvé l'utilisation des nématodes entomopathogènes

comme une pratique simple et facile à utiliser et ont accepté tous de l'appliquer.

Il a été évalué également dans le cadre de cette étude, le degré de satisfaction des producteurs pour donner suite à la phase d'expérimentation. Le tableau 3 qui suit présente le degré de satisfaction des productions.

Tableau 2 : Perception des producteurs sur l'utilisation des nématodes entomopathogènes

Table 2: Perception of producers on the use of entomopathogenic nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
Comment percevez-vous l'utilisation des nématodes ?	Boukoubé	Simple et facile à utiliser	20,00%
		Pas facile	6,25%
	Natitingou	Simple et facile à utiliser	37,50%
		Pas facile	12,50%
	Toucountouna	Simple et facile à utiliser	15,00%
		Pas facile	8,75%
	Ensemble	Simple et facile à utiliser	72,50%
		Pas facile	27,50%

Tableau 3 : Degré de satisfaction des producteurs par rapport à l'utilisation des nématodes

Table 3: Degree of satisfaction of producers with regard to the use of nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
Quelle est votre degré de satisfaction face aux résultats de l'utilisation des nématodes entomopathogènes?	Boukoubé	Satisfaisant	20,00%
		Moins Satisfaisant	6,25%
	Natitingou	Satisfaisant	37,50%
		Moins Satisfaisant	12,50%
	Toucountouna	Satisfaisant	15,00%
		Moins Satisfaisant	8,75%
	Ensemble	Satisfaisant	72,50%
		Moins Satisfaisant	27,50%

Tableau 4 : Consentement des producteurs à payer les nématodes entomopathogènes

Table 4: Consent of producers to pay for entomopathogenic nematodes

Question	Commune	Modalité de réponse	Proportion
A combien seriez-vous prêt à acheter les nématodes ?	Boukoubé	Moindre coût (1000F)	12,50%
		0 F	13,75%
	Natitingou	Moindre coût (1000F)	13,75%
		0 F	36,25%
	Toucountouna	Moindre coût (1000F)	8,75%
		0 F	15,00%
	Ensemble	Moindre coût (1000F)	35,00%
		0 F	65,00%

Face à la question de connaître le niveau de satisfaction des producteurs des résultats issus de l'utilisation des nématodes entomopathogènes, tous les producteurs des différentes communes n'affirment pas une satisfaction totale. Une proportion de 72,5% est satisfaite des résultats présentés et souhaiterait que la technologie des nématodes entomopathogènes soit mise à leur disposition pour bénéficier du même effet que celui observé dans les résultats présentés. La réaction d'un producteur par rapport à ses attentes est la suivante :

« *Je suis content qu'on puisse trouver un moyen de lutte contre les charançons de la patate douce. En effet, que le produit soit disponible, moins cher et à proximité, vu la distance qui nous sépare de la ville et vu que c'est juste quelques-uns qui disposent du téléphone portable ici à cause de l'instabilité des réseaux téléphoniques.* » Extrait d'entretien réalisé avec monsieur M. F., à Dipoko (Boukoubé), le 10 /10/2020).

Les propos de ce producteur sont liés au fait que la phase d'expérimentation n'a pas été effective pour qu'ils puissent s'assurer à 100% de l'efficacité de l'utilisation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce patate douce, *Cylas* spp.

4.5. Consentement des producteurs à payer les nématodes entomopathogènes

Sur le plan social, cette étude s'est intéressée à voir combien les producteurs sont prêts à payer pour avoir les nématodes entomopathogènes pour ne pas avoir des problèmes sociaux. Le tableau 4 ci-dessous présente le montant que les producteurs sont prêts à payer.

Pour que le coût de l'accès à la technologie des nématodes entomopathogènes ne déstabilise pas le mode de vie social des producteurs, ces derniers souhaiteraient que la technologie des nématodes leur soient livrés à moindre coût. Il faut souligner qu'aucun des producteurs n'a souhaité que les nématodes entomopathogènes leur soient livrés à plus de 1 000 F CFA soit environ 2 dollars US. Environ 65% des producteurs voudrait que le produit soit gratuitement mis à leur disposition. Il en ressort que l'utilisation des Nématodes Entomopathogènes favoriserait les producteurs de patate douce mais ces derniers n'ont pas assez de moyens financiers pour s'en procurer. Il faut alors penser à une solution durable à adopter pour aider ces derniers à accéder à moindre coût à cette technologie.

5. Discussion

De façon générale, cette étude vise à décrire les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

Toutefois, il faut rappeler que la sécurité alimentaire est une préoccupation centrale des Etats dans le monde car entre 2005 et 2018, le nombre de personnes sous-alimentées est passé de 947,2 millions à 821,6 millions (FAO, 2019 : 9). La légère amélioration observée sur cette période de 13 ans au niveau mondial n'a pas empêché l'aggravation de la situation en Afrique. En effet, ce continent a connu une augmentation du nombre de personnes sous-alimentées sur la même période. En 2005, le nombre de personnes sous-alimentées en Afrique était de 196,0 millions, ce nombre s'est accru et avoisinait 256,1 millions de personnes en 2018 (FAO, 2019 : 9).

La pauvreté aussi bien humaine que monétaire semble aggraver les difficultés liées à l'insécurité alimentaire. Les résultats de l'Enquête Modulaire Intégrée sur les Conditions de Vie des Ménages (EMICoV) ont établi qu'environ 2 béninois sur 5 vivent en dessous du seuil de pauvreté avec une incidence de 43,6% en milieu rural (INSAE-Bénin, 2016 :18). Selon l'EHCVM 2019, le seuil global annuel de pauvreté au Bénin est estimé à 246 542 F CFA soit environ un revenu annuel de 425 dollars US. Ce seuil est composé d'une composante alimentaire qui en représente 60% et d'une composante non alimentaire qui correspond à 40% de ce revenu annuel (INSAE-Bénin, 2020 : 2).

Aussi, la garantie d'une sécurité alimentaire est une nécessité pour les pays pauvres dont les populations font face à plusieurs menaces dont les mesures des politiques internationales (Bozonnet & Clavreul, 2009), la dégradation des sols (Biofutur, 2015), les crises sanitaires et épidémiologiques (ICTSD, 2014) sans oublier les changements climatiques (Edame, et al., 2011). En dehors de ces freins, l'agriculture africaine est caractérisée par les importants dommages causés par divers ravageurs dont les nématodes (Abebe, et al., 2015).

La réussite de l'introduction d'une innovation peut être liée à plusieurs facteurs tels que la réduction de la charge de travail (Clavel et al., 2008), la conviction de la réduction des charges financières liées à l'innovation (Nobre et Zawadzki, 2015). Ainsi, concernant l'utilisation des nématodes entomopathogènes, La majorité des producteurs (72,5%) a affirmé que c'est une pratique simple et facile à utiliser. De plus, ils ont déclaré avoir eu une satisfaction totale de l'effet des nématodes entomopathogènes sur les insectes ravageurs de la patate douce. Ces résultats montrent que les producteurs ont perçu l'utilité pratique et sociale de l'utilisation de nématodes entomopathogènes. Or, selon Nielsen (1994), une innovation est acceptée lorsque les producteurs

perçoivent son utilité pratique et sociale. De plus, ces résultats confirment la spécificité et la simplicité du modèle de l'acceptation des technologies (TAM) qui relève de l'hypothèse selon laquelle l'utilité perçue et la facilité d'usage perçue sont deux croyances clés dans la prédiction de l'intention d'utilisation. Ces deux croyances sont supposées et démontrées indépendantes (Davis et al, 1989). Il ressort des résultats obtenus que l'utilisation des nématodes entomopathogènes contre les insectes ravageurs de la patate douce est acceptée par les producteurs de patate douce des différentes communes d'intervention du projet. Ainsi, seront-ils prêts à payer pour avoir accès à cette technologie mais à condition que la valeur d'achat soit peu élevée. L'étude a montré que l'utilisation des nématodes entomopathogènes favoriserait les producteurs de patate douce lorsque leur prix d'achat ne dépasserait pas 1000 F CFA. Ces résultats renforcent l'idée selon laquelle les contraintes financières et les niveaux de pauvreté élevés réduisent les possibilités d'investissement dans l'agriculture (Dufлот et al. 2011). Les résultats vont également dans le même sens que ceux de Kebede et al (1990) ; O'Gorman (2006) ; Hailu et al. (2014); Lambrecht et al. (2014) qui grâce à plusieurs études ont montré qu'il existe une corrélation positive entre le niveau de richesse du ménage agricole et le choix d'adoption d'une nouvelle technologie.

6. Conclusion

L'objectif de ce travail était de décrire les pratiques des producteurs de patate douce et leur consentement à payer pour l'accès à l'innovation des nématodes entomopathogènes dans la lutte contre les charançons de la patate douce (*Cylas* spp.) dans le département de l'Atacora au Nord-Ouest du Bénin.

Tous les producteurs ayant participé à la phase expérimentale ont perçu l'utilisation des nématodes entomopathogènes comme une pratique simple et facile à utiliser et ont accepté tous de l'utiliser. Ils ont aussi perçu l'utilité de ces nématodes dans la lutte contre les charançons de patate douce. En ce qui concerne leur consentement à payer pour accéder à cette innovation, les producteurs, tous satisfaits de l'application des nématodes souhaitent l'acquérir à moins de 1000 F CFA.

Il est donc nécessaire d'envisager la mise en place d'un projet complémentaire pour l'accompagnement et la facilitation de l'accès à cette méthode biologique de lutte contre les ravageurs de la patate douce. De plus, dans la mesure où ce projet n'a pas procédé à l'estimation du coût de production des nématodes et de leur aliment, il serait souhaitable qu'un tel calcul soit effectué afin de déterminer le coût d'application des nématodes et donc le coût de revient pour proposer des prix d'accès ou rechercher des financements pour la subvention de l'accès des producteurs à cette technologie.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'USAID qui a financé le projet NAS/USAID-2000011107 dont le but est d'utiliser les Nématodes Entomopathogènes comme une nouvelle méthode de lutte contre les ravageurs de la patate douce au Bénin et en Afrique du Sud.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Rôles	Noms des auteurs
Conception de l'étude	H. Baimey
Collecte des données	J.A.A. Guidi, J. N'tcha Sema, I.S.M. Adjovi
Analyse des données	J.A.A. Guidi, I.S.M. Adjovi
Acquisition de financement	H. Baimey, T. Ramakuwela, D. Shapiro-Ilan
Méthodologie	J.A.A. Guidi, I.S.M. Adjovi
Gestion du projet	H. Baimey, T. Ramakuwela, D. Shapiro-Ilan
Supervision	G.S. Nouatin
Rédaction manuscrit initial	J.A.A. Guidi
Révision et édition manuscrit	I.S.M. Adjovi

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

Abebe, E. et al., (2015), Research on plant-parasitic and entomopathogenic nematodes in Ethiopia: a review of current state and future direction. *Nematology*, 17(7), pp.741-759.

Bell, F. W., Ter-Mikaelian, M. T., & Wagner, R. G. (2000). Relative competitiveness of nine early-successional boreal forest species associated with planted jack pine and black spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 30(5), pp.790-800.

BIOFUTUR, (2015), La dégradation des sols menace la sécurité alimentaire. *Biotech News*, Juillet-Août, Issue 367, pp.24-25.

Bovell-Benjamin, A. C. (2007). Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. *Advances in food and nutrition research*, 52, pp.1-59

Bozonnet, J.-J. et Clavreul, L., (2009), Nouvelles menaces sur la sécurité alimentaire: Face aux promesses non tenues des pays riches et au risque de flambée des prix des denrées, la FAO s'inquiète.. *Le Monde*, 29 (1). Disponible à l'URL: <https://www.fao.org/3/ca9692fr/ca9692fr.pdf>. (consulté le 12/5/2021)

Campbell, J. F., Lewis, E. E., Stock, S. P., Nadler, S., & Kaya, H. K. (2003). Evolution of host search strategies in entomopathogenic nematodes. *Journal of Nematology*, 35(2), pp.142-145.

Clavel, D., Barro, A., Belay, T., Lahmar, R. et Maraoux, F. (2008), Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en Afrique Sahélienne : le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie. [*VertigO*] La revue électronique en sciences de l'environnement, 8(3). Disponible à l'URL: <https://id.erudit.org/iderudit/039595ar> (consulté le 10/5/2021).

Davis, F., D., Bagozzi, R., P. & Warshaw, P., R. (1989), "User Acceptance of Computer-Technology - a Comparison of Two Theoretical-Models", *Management Science*, 35(8), pp.982-1003.

Wood, J. C., & Wood, M. C. (Eds.). (2005). *Peter F. Drucker: critical evaluations in business and management* (Vol. 1). Taylor & Francis.

Duflot, V., Royer, P., Chazette, P., Baray, J. L., Courcoux, Y., & Delmas, R. (2011). Marine and biomass burning aerosols in the southern Indian Ocean: Retrieval of aerosol optical properties from shipborne lidar and Sun photometer measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D18).

Edame, G. E., Ekpenyong, A. B., Fonta, W. M. and EJC, D., (2011), Climate Change, Food Security and Agricultural Productivity in Africa: Issues and policy directions. *International Journal of Humanities and Social Science*, Décembre, 1(21), pp.205-223.

FAO (2019), *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2019 : Se prémunir contre les ralentissements et les fléchissements économiques*, Rome: FAO.

Ferreira, T., & Malan, A. P. (2014). Xenorhabdus and Photorhabdus, bacterial symbionts of the entomopathogenic nematodes *Steinernema* and *Heterorhabditis* and their in vitro liquid mass culture: a review. *African Entomology*, 22(1), pp.1-14.

Forschler, B. T., All, J. N., & Gardner, W. A. (1990). *Steinernema feltiae* activity and infectivity in response to herbicide exposure in aqueous and soil environments. *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(3), pp.375-379.

Gandonou, E., Gounou, E., Mitchikpè, E., Biaou, A., Kpènavoun, S. (2010). Etude sur les normes de consommation des principaux produits vivriers et l'amélioration des conditions de vie au Bénin. Centre de Partenariat et d'Expertise pour le Développement Durable (CePED), Cotonou, 5-86.

Hailu, B. K., Abrha, B. K., & Weldegiorgis, K. A. (2014). Adoption and impact of agricultural technologies on farm income: Evidence from Southern Tigray, Northern Ethiopia. *International Journal of Food and Agricultural Economics (IJFAEC)*, 2(1128-2016-92058), pp.91-106.

Harouna, Issa, A., Doumma, A., & Toufique, Bello, M. (2015). Inventaire des variétés, des méthodes locales de stockage et de protection contre les ravageurs de la patate douce (*Ipomea batatas* L.) dans la bande Ouest du Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(4): pp.1962-1971.

ICTSD, (2014). L'épidémie d'Ebola menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. *Passerelles*, Octobre, 4(15), pp.23-24.

- INSAE-Bénin, (2020), *Note sur la pauvreté en 2019*, Cotonou. Disponible à l'URL: <https://insae.bj/images/docs/insae-publications/autres/Note-sur-la-pauvrete/Note%20synth%C3%A8se%20sur%20la%20pauvrete%C3%A9%20en%202019.pdf>. (consulté le 13/5/2021)
- INSAE-Bénin. (2016). Effectifs de la population des villages et quartiers de ville du benin (RGPH-4, 2013). Banque Mondiale, Confédération Suisse, UNICEF, UNFPA. Cotonou.
- Jansson, R. K., Lecrone, S. H., & Gaugler, R. (1991). Comparison of single and multiple releases of *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar (Nematoda: Heterorhabditidae) for control of *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Apionidae). *Biological Control*, 1(4), pp.320-328.
- Kaya, H. K. (2000). Entomopathogenic nematodes and their prospects for biological control in California. In *California Conference on Biological Control II, The Historic Mission Inn Riverside, California, USA, 11-12 July, 2000* (pp. 38-46). Center for Biological Control, College of Natural Resources, University of California.
- Kaya, H. K., Aguilera, M. M., Alumai, A., Choo, H. Y., De la Torre, M., Fodor, A., ... & Ehlers, R. U. (2006). Status of entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria from selected countries or regions of the world. *Biological control*, 38(1), pp.134-155.
- Kaya, H.K. and Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Reviews in Entomology*, 38 (1), 181-206.
- Kebede, Y., Gunjal, K., & Coffin, G. (1990). Adoption of new technologies in Ethiopian agriculture: the case of Tegulet-Bulga District, Shoa Province. *Agricultural economics*, 4(1), pp.27-43.
- Lambrecht, I., Vanlauwe, B., Merck, R. et Maertens, M. (2014). 'Understanding the Process of Agricultural Technology Adoption: Mineral Fertilizer in Eastern DR Congo'. *World Development*, Elsevier, 59, pp.132-146.
- Lehu, J. M. (2004). Back to life! Why brands grow old and sometimes die and what managers then do: An exploratory qualitative research put into the French context. *Journal of Marketing Communications*, 10(2), pp.133-152.
- Masclat, J.-P. (2016). Les nématodes utiles. Communication sur l'émission Monsieur Jardinier, RTS. [Online] Url : <https://www.rts.ch/la-1ere/programmes/monsieur-jardinier/themes/plantes-question-de-developpement/7496477.html/BINARY/Les%20n%C3%A9matodes%20utiles%20%28suite%29.pdf>
- Mauléon, H., & Denon, D. (2008). Étude de la répartition en Guadeloupe de *Cylas formicarius*, charançon de la patate douce, et essai d'une méthode de lutte biologique. *Rapport final INRA*. Disponible à l'URL: http://transfaire.antilles.inrae.fr/IMG/pdf/RPR-2008-Mauleon_CPER_Cylas.pdf. (consulté le 15/5/2021).
- Mitchikpe, E. C., Ategbro, E. A., Fanou, J. A., & Nago, M. C. (2003). Consommation alimentaire des ménages urbains au Bénin. In : Muchnik, J. Alimentation, savoir-faire et innovations agroalimentaires en Afrique de l'Ouest (ALISA): rapport de synthèse.
- Nielsen, J. (1994). Estimating the number of subjects needed for a thinking aloud test. *International journal of human-computer studies*, 41(3), pp.385-397.
- Nobre T. et Zawadzki C., (2015), Analyse par la théorie de la traduction de l'abandon et du détournement d'outils lors de l'introduction d'un contrôle de gestion en PME. *Finance Contrôle Stratégie*, no 18-1. Disponible à l'URI: <https://journals.openedition.org/fcs/1574> (consulté le 25/5/2021).
- O'Gorman, E. (2006). *Irony and Misreading in the Annals of Tacitus*. Cambridge university press.
- Rovesti, L., & Deseö, K. V. (1991). Compatibility of pesticides with the entomopathogenic nematode, *Heterorhabditis heliothidis*. *Nematologica*, 37(1-4), pp.113-116.
- San-Blas, E. (2013). Progress on entomopathogenic nematology research: A bibliometric study of the last three decades: 1980–2010. *Biological Control*, 66(2), pp.102-124.
- Lacey, L. A., & Shapiro-Ilan, D. I. (2008). Microbial control of insect pests in temperate orchard systems: potential for incorporation into IPM. *Annual review of entomology*, 53, pp.121–144.
- Śledzik K., (2013), Schumpeter's view on innovation and entrepreneurship. *Management Trends in Theory and Practice*, (ed.) Stefan Hittmar, Faculty of Management Science and Informatics, University of Zilina & Institute of Management, pp.89-95.
- Stathers, T., Low, J., Mwanga, R., Carey, T., David, S., Gibson, R., Namanda, S., McEwan, M., Bechoff, A., Malinga, J., Benjamin, M., Katcher, H., Blakenship, J., Andrade, M., Agili, S., Njoku, J., Sindi, K., Mulongo, G., Tumwegamire, S., Njoku, A., Abidin, E., Mbabu, A. (2013a). *Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Manual. Volume 1*. International Potato Center, Nairobi, Kenya. Disponible à l'URL: <http://www.sweetpotatoknowledge.org/wp-content/uploads/2015/11/Everything-You-Ever-Wanted-to-Know-about-Sweetpotato-ToT-Manual-Volume-1.pdf>. (consulté le 16/5/2021)
- Stathers, T., Carey, E., Mwanga, R., Njoku, J., Malinga, J., Njoku, A., Gibson, R., Namanda, S. (2013b). *Everything You Ever Wanted to Know about Sweetpotato: Reaching Agents of Change ToT Manual. Volume 4: Sweetpotato production and management; Sweetpotato pest and disease management*. International Potato Center, Nairobi, Kenya. Disponible à l'URL: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/11/006194.pdf>. (consulté le 16/5/2021).
- Theberge, J. B., & Gauthier, D. A. (1985). Models of wolf-ungulate relationships: when is wolf control justified? *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 13(4), pp.449-458.
- Vernier P. et Varin D. (1994), La culture de la patate douce. *Agriculture et développement*, n° 3 – Août 1994, pp.54-63.
- Zadji, L., Baimey, H., Afouda, L., Moens, M., & Decraemer, W. (2014). Effectiveness of different *Heterorhabditis* isolates from Southern Benin for biocontrol of the subterranean termite, *Macrotermes bellicosus* (Isoptera: Macrotermitinae), in laboratory trials. *Nematology*, 16(1), pp.109-120.