

Analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers au sud du Bénin

**Claude AHOANGNINOU^{1*}, Setondji Yacin Wilfrid BOKO¹, Jhonn LOGBO¹,
Françoise ASSOGBA KOMLAN², Thibaud MARTIN³ et Benjamin FAYOMI⁴**

¹ *Université Nationale d'Agriculture (UNA), Ecole d'Horticulture et d'Aménagement des Espaces Verts (EHAEV), BP 43 Kétou, Bénin*

² *Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), Programme Cultures Maraîchères (PCM), Bénin*
³ *Unité de Recherche HORTSYS, Département PERSYST, CIRAD, France*

⁴ *Université d'Abomey-Calavi (UAC), Faculté des Sciences de la Santé (FSS), Unité de Recherche et d'Enseignement en Santé au Travail et Environnement (URESTE), Bénin*

* Correspondance, courriel : cahoun83@yahoo.fr

Résumé

Ce travail porte sur l'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires dans la production maraîchère au Sud du Bénin. Pour atteindre cet objectif, une étude transversale a été conduite auprès de 197 producteurs sélectionnés par la méthode de tirage aléatoire stratifiée proportionnelle dans trois communes du sud du Bénin en Mai 2010. Le modèle de regression logistique binaire a été utilisé pour identifier les variables influençant les pratiques phytosanitaires. Les résultats montrent que l'expérience, l'âge, la rotation culturale et la localisation influencent significativement l'usage systématique des pesticides suivant un calendrier préétabli au seuil de 5 %. La protection de toutes les parties du corps lors des traitements phytosanitaires est influencée significativement par la localisation du site et l'expérience du producteur. Des efforts de communication et d'éducation à l'adoption de bonnes pratiques phytosanitaires ainsi que la prise de mesures permettant aux producteurs d'avoir accès aux équipements de protection individuelle (EPI) appropriés vont améliorer les pratiques phytosanitaires et la durabilité de la production.

Mots-clés : *déterminants, pratiques phytosanitaires, EPI, maraîchage, Bénin.*

Abstract

Analysis of the determinants of phytosanitary practices of market gardeners in southern Benin

This work focuses on the analysis of determinants of plant protection practices in vegetable production in southern Benin. To achieve this goals, a cross-sectional study was carried out among 197 vegetable growers selected by proportional stratified random selection method in three areas of southern Benin in May 2010. The binary logistic model regression was used to identify the variables influencing plant protection practices. The results show that the experience, age, crop rotation, and location significantly influence the systematic use of chemical pesticides according to a schedule at 5 % level. The protection of all parts of the body during the phytosanitary sprays is influenced significantly by the location of the site and the experience of the

farmer. Efforts to communication and education on the adoption of good plant protection practice as well as the measures allowing farmers to have access to personal protective equipment (PPE) will improve crop protection practices and the sustainability of production.

Keywords : *determinants, plant protection practices, PPE, market garden, Benin.*

1. Introduction

Le développement des pays d'Afrique Subsaharienne dépend de la productivité dans le secteur agricole. L'agriculture constitue un secteur qui contribue fortement à la constitution du Produit intérieur Brut (PIB) en Afrique Subsaharienne. Elle représente près de 23 % du PIB des pays à revenu faible [1]. Les statistiques au Bénin indiquent que l'agriculture a contribué à près de 30,48 % du Produit Intérieur Brut (PIB) sur la période 2005-2008 [2, 3]. De 2011 à 2014, elle a contribué à près de 25,64 à 23,45 % du PIB au Bénin [4]. Pour améliorer la productivité du secteur agricole, l'Etat Béninois a élaboré des plans stratégiques sur la période 2011 à 2015 [3] et 2017 à 2025 [5]. La production maraîchère a été retenue comme l'une des treize filières prioritaires à promouvoir dans le plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole 2011 - 2015 et dans le Plan Stratégique du Développement du Secteur Agricole (2017 - 2025). Cette priorité accordée à la filière maraîchère au Bénin est liée à sa capacité à générer des devises et à créer d'emplois [3, 5]. Malgré la capacité latente de cette filière à créer de la richesse, les systèmes de production utilisés dans la filière au Bénin présentent des risques sur les plans sanitaire et environnemental puisqu'ils sont liés à l'usage des engrais chimiques et pesticides chimiques [6, 7]. Après usage des produits phytosanitaires, des résidus de pesticides peuvent se retrouver dans tous les compartiments de l'environnement (eau, air et sol) [8 - 10] ou dans les aliments [11 - 13]. Des problèmes de santé humaine consécutifs à l'utilisation des pesticides chimiques en agriculture ont été aussi rapportés dans la littérature [14 - 23]. Les pesticides peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur la santé des applicateurs [14 - 20]. Certains pesticides ont des effets cancérigènes [21], cytotoxiques, génotoxiques [22] ou des effets sur la reproduction [23]. Il existe des moyens pour limiter le recours aux pesticides chimiques comme l'usage des biopesticides et des pratiques agroécologiques [24 - 26]. Lors de l'épandage des produits phytosanitaires (pesticides chimiques et biologiques), il est nécessaire pour l'applicateur de respecter des normes d'hygiène dont le port des Equipements de Protection Individuels (EPI) pour minimiser les risques sur la santé. Des études antérieures au Bénin rapportent que la plupart des producteurs maraîchers n'adoptent pas de bonnes pratiques d'hygiène lors des traitements phytosanitaires [6, 7]. Quels sont les facteurs qui déterminent l'usage des pesticides chimiques et ceux influençant le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI) lors de l'épandage des pesticides ? Le but de ce travail de recherche est d'identifier les déterminants des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers afin de contribuer à la sauvegarde de la santé des producteurs et des consommateurs au Bénin.

2. Méthodologie

2-1. Localisation du milieu d'étude

L'étude a impliqué les producteurs maraîchers en zone urbaine et périurbaine de trois communes du sud du Bénin. Il s'agit des communes de Cotonou, de Sèmè-kpodji et de Ouidah appartenant à la zone agroécologique des pêcheries. Ces trois communes ont été choisies en fonction de leur forte activité de production maraîchère au Bénin.

2-2. Collecte, traitement et analyse des données

Une enquête transversale a été conduite auprès de 197 producteurs choisis sur une population de 788 maraîchers par une méthode de tirage aléatoire stratifiée proportionnelle en Mai 2010 dans la municipalité de Cotonou et les communes de Sèmè-kpodji et Ouidah. Au total, 105 producteurs à Cotonou, 48 à Sèmè-kpodji

et 44 à Ouidah ont été inclus dans l'étude. Avec ces producteurs, des questionnaires relatifs aux caractéristiques socioéconomiques des producteurs, aux pratiques agricoles et pratiques phytosanitaires ont été remplis. Les données collectées ont été introduites dans le logiciel SPSS 16.0, qui a permis de générer les statistiques descriptives (fréquences, moyennes, écart-types), de faire des tests non paramétriques de comparaison de médianes (Test de Mann-Withney, Test de Kruskall-Wallis) ainsi que pour l'estimation des modèles de régression logistique binaire d'analyse des déterminants.

2-3. Méthode d'analyse des déterminants des pratiques phytosanitaires (modèle logit)

Pour la détermination des facteurs influençant l'utilisation des pesticides chimiques dans le maraîchage et l'adoption des équipements de protection individuelle, le modèle binaire logit a été utilisé [27, 28]. La fonction du modèle logistique est :

$$\text{Prob } [Y_i = 1] = \frac{\exp[x_i\beta]}{1 + \exp[x_i\beta]} \quad (1)$$

Les modèles de régression logistiques binaires sont focalisés sur les déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques dans la protection des cultures maraîchères contre les ravageurs et sur l'adoption des équipements de protection individuelle (*Tableau 1*). Les hypothèses suivantes ont été émises :

•Modèle 1 : L'utilisation systématique des pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli (variable expliquée) dépend du sexe du producteur, de son activité principale, de son âge, de son expérience dans la production, de l'accès au crédit, du système d'irrigation, de sa reconnaissance des ravageurs, du type de légumes cultivés, de la superficie emblavée, du site de production, du résultat d'exploitation et la rotation culturale. Le modèle se présente comme suit :

$$\text{UTIPESTCHI} = \alpha_0 + \beta_1\text{SEXE} + \beta_2\text{ACTIVP} + \beta_3\text{EXPE} + \beta_4\text{CREDIT} + \beta_5\text{ARROSA} + \beta_6\text{RECRAV} + \beta_7\text{TYPELEG1} + \beta_8\text{TYPELEG2} + \beta_9\text{SUP} + \beta_{10}\text{SIT1} + \beta_{11}\text{SIT2} + \beta_{12}\text{AGE} + \beta_{13}\text{RBE} + \beta_{14}\text{ROT} + \varepsilon \quad (2)$$

•Modèle 2 : La protection des différentes parties du corps lors de l'épandage des pesticides chimiques (variable expliquée) dépend du sexe du producteur, de son activité principale, de son âge, de son expérience dans la production, de l'accès au crédit, du type de légumes cultivés, de la superficie emblavée, du site de production, du résultat d'exploitation et le niveau d'instruction du producteur. Le modèle se présente comme suit :

$$\text{UTIEQUIPR} = \alpha_0 + \beta_1\text{SEXE} + \beta_2\text{ACTIVP} + \beta_3\text{EXPE} + \beta_4\text{CREDIT} + \beta_5\text{TYPELEG1} + \beta_6\text{TYPELEG2} + \beta_7\text{SUP} + \beta_8\text{SIT1} + \beta_9\text{SIT2} + \beta_{10}\text{AGE} + \beta_{11}\text{NIVETU} + \beta_{12}\text{RBE} + \varepsilon \quad (3)$$

Tableau 1 : Codification des variables expliquées et explicatives utilisées dans les modèles d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques et de l'utilisation des équipements de protection individuelle

Variables	Description des variables	Signes attendus
SEXE	Variable muette = 1 si masculin, 0 = féminin	+
ACTIVP	Variable muette = 1 si activité principale, 0 = Sinon	+
EXPE	Expérience professionnelle (années)	+
CREDIT	Variable muette = 1 si emprunt, 0 = Sinon	+
ARROSA	Variable muette = 1 si utilisation de motopompes, 0 = Sinon	-
RECRAV	Variable muette = 1 si reconnaissance des ravageurs, 0 = Sinon	-
TYPELEG1	Variable muette = 1 si production de légumes locaux uniquement, 0 = Sinon	-
TYPELEG2	Variable muette = 1 si production de légumes exotiques uniquement, 0 = Sinon	+
SUP	Superficie emblavée (m ²)	+
SIT 1	Variable muette = 1 si Sèmè-kpodji, 0 = Sinon	+
SIT 2	Variable muette = 1 si Ouidah, 0 = Sinon	+
AGE	Age de l'exploitant (années)	+
RBE	Revenu d'exploitation (Fcf)	+
ROT	Variable muette = 1 si rotation, 0 = Sinon	-
NIVINSTR	Nombre d'années d'études (années)	+
UTPESTCH	Variable dépendante = 1 si utilisation systématique de pesticides chimique et 0 = Sinon	
UTILEQUIP	Variable dépendante = 1 si utilisation d'Equipements de protection individuelle lors de l'épandage des pesticides chimique et 0 = Sinon	

3. Résultats

3-1. Pratiques phytosanitaires des maraîchers

Vingt-quatre préparations commerciales de pesticides ont été recensées lors de l'enquête. Les préparations commerciales de pesticides les plus utilisées par les producteurs étaient le LAMBASUPER 2,5EC (55,3 %) et le TOPSIN M (55,8 %) suivies du SHERPHOS 280EC (17,8 %) (**Tableau 2**). Le LAMBASUPER 2,5EC est une formulation de Lambdacyhalothrine à une concentration de 25 g/litre. C'est un concentré émulsifiable de la famille des pyrétrinoïdes à activité insecticide recommandée pour la protection des cultures maraîchères (**Tableau 3**). Le TOPSIN M est un fongicide en formulation poudre mouillable. La matière active contenue est du méthylthiophanate. Le TOPSIN M est recommandée pour la lutte contre les maladies fongiques en culture maraîchère. Par contre le SHERPHOS 280EC est une formulation de cyperméthrine (pyréthrinolide) et de triazophos (organophosphoré). C'est un mélange d'insecticides recommandé dans la protection du coton contre les ravageurs mais qui se retrouve dans la production maraîchère. Le BIOBITE formulation de *Bacillus thuringiensis* est le seul biopesticide retrouvé et chez un seul producteur. Environ 1/10 des producteurs utilisent de DIAFURAN, un nématicide granulé pour lutter contre les nématodes du sol.

Tableau 2 : Matières actives de pesticides recensées chez les maraîchers

PREPARATIONS COMMERCIALES	Matière active 1	Matière active 2	Nombre	Proportion (%)
BIOBITE	<i>Bacillus thuringiensis</i>		1	0,5
CONQUES C 88EC	Acetamipride 16 g/L	Cypermethrine 72 g/L	22	11,2
COTALM P218EC	Lambdacyhalothrine 18 g/L	Profenofos 200 g/L	4	2
CYDIM	Cypermethrine 136g/L	Diméthoate 400 g/L	2	1
CYPERCAL 50EC	Cypermethrine 50 g/L		9	4,6
CYPER-D	Cypermethrine 10 g/L		10	5,1
DECIS	Deltamethrine 13 g/L		5	2,5
DIAFURAN 5G	Carbofuran		19	9,6
FOKO	Mancozebe 800 g/kg		18	9,1
KILSESCT 2,5EC	Cypermethrine 25 g/L		5	2,5
KINIKINI	Cyfluthrine 9,6 g/L	Malathion 400 g/L	4	2
K-OPTIMAL	Acetamipride 20 g/L	Lambdacyhalothrine 10 g/L	2	1
LAMBASUPER 2,5EC	Lambdacyhalothrine 25 g/L		109	55,3
LASER 480SC	Spinosad 480 g/L		9	4,6
MALATHION	Malathion 400 g/L		1	0,5
MANATE	Manebe 800 g/kg		12	6,1
MANEBE	Manebe 800 g/kg		22	11,2
PACHA	Acetamipride 10 g/L	Lambdacyhalothrine 15 g/L	1	0,5
SHERPHOS 280EC	Cypermethrine 30 g/L	Triazophos 250 g/L	35	17,8
SUNPYRIFOS 48%	Chlorpyrifos-ethyl 480 g/L		1	0,5
THONEX 350EC	Endosulfan 350 g/L		1	0,5
TIHAN 1750-TEQ	Flubendiamide 100 g/L	Spirotetramate 75	2	1
TOPSIN M	Methylthiophanate 700 g/kg		110	55,8
TRIMANGOL 80	Manebe 800 g/kg		1	0,5

Tableau 3 : Formulations de pesticides recensées chez les maraîchers

PREPARATIONS COMMERCIALES	Types de pesticides	Formulations	Familles chimiques	Dosage	Recommandations
BIOBITE	Insecticide		<i>Bacillus thuringiensis</i>		
CONQUES C 88EC	Insecticide	EC	Neonicotinoïde+ Pyréthriinoïde	1 L/Ha	Coton
COTALM P218EC	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde+ Organophosphoré	1 L/Ha	Coton
CYDIM	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde+ Organophosphoré	1 L/Ha	Coton
CYPERCAL 50EC	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde	1 L/Ha	Maraîchage
CYPER-D	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde	1 L/Ha	Maraîchage*
DECIS	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde	1 L/Ha	Maraîchage
DIAFURAN 5G	Nématicide	Gr	Carbamate	50 kg/ha	Maraîchage*
FOKO	Fongicide	WP	Carbamate	1 kg/ha	Maraîchage*
KILSESCT 2,5EC	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde		Maraîchage
KINIKINI	Insecticide	EC	Pyréthriinoïde+ Organophosphoré	1 L/Ha	Haricot
K-OPTIMAL	Insecticide	EC	Neonicotinoïde+	1 L/Ha	Maraîchage*

LAMBASUPER 2,5EC	Insecticide	EC	Pyréthroïde	120-300 mL	Maraîchage*
LASER 480SC	Insecticide	SC	Spinozoïde	100 mL	Maraîchage
MALATHION	Insecticide	EC	Organophosphoré	1 L/Ha	Coton
MANATE	Fongicide	WP	Carbamate		Maraîchage*
MANEBE	Fongicide	WP	Carbamate	1 kg/Ha	Maraîchage*
PACHA	Insecticide	EC	Neonicotinoïde + Pyréthroïde	1 L/Ha	Maraîchage
SHERPHOS 280EC	Insecticide	EC	Pyréthroïde + Organophosphoré	1 L/Ha	Coton
SUNPYRIFOS 48%	Insecticide	EC	Organophosphoré	1 L/Ha	Coton
THIONEX 350EC	Insecticide	EC	Cyclodien-chloré	2 L/Ha	Coton
TIHAN 1750-TEQ	Insecticide	EC	Benzène-dicarboxamide + Tétramicide		Coton
TOPSIN M	Fongicide	WP	Benzimidazole		Maraîchage*
TRIMANGOL 80	Fongicide	WP	Carbamate		Maraîchage*

* : Homologué au Bénin pour la production maraîchère

La moyenne de l'indice de fréquence de traitement insecticide (IFT-insecticide) est de 14,95 (**Tableau 4**). Cela signifie que le nombre moyen de doses homologuées à l'hectare d'insecticides utilisés au cours d'une année est de 14,95. Il est plus élevé chez les producteurs de Ouidah comparés aux producteurs de Cotonou et Sèmè-kpodji, mais la différence observée n'est pas statistiquement significative au seuil de 10 %. Il en est de même pour l'indice de fréquence de traitement fongicide (IFT-fongicide) dont la moyenne est de 13,25. Les producteurs utilisent en moyenne 13,25 fois la dose homologuée à l'hectare de fongicide au cours d'une année. L'IFT-fongicide est plus élevé à Ouidah comparé à Cotonou et à Sèmè-kpodji, mais la différence observée n'est significative au seuil de 10 %. Les producteurs maraîchers au sud du Bénin n'utilisent pas fréquemment les nématicides. L'IFT-nématicide est en moyenne de 1,73 avec une différence non significative au seuil de 10% entre les villes de Cotonou et de Sèmè-kpodji. La pression moyenne en pesticides est de 12,75 kg de matières actives à l'hectare (**Tableau 4**). L'indice de pression en pesticides est un peu plus élevé à Ouidah, mais cette différence n'est pas significative. Le délai moyen de carence est de 4,4 jours avec une différence non significative entre villes au seuil de 10%. Les producteurs observent en moyenne 4,4 jours entre la dernière application de pesticide et la récolte.

Tableau 4 : Indices de fréquence et de pression pesticide

	Indices de Fréquence Pesticides (IFT-Pesticide)			Indice pression Kg ma/Ha	Délai de carence (jours)
	IFT-insecticide	IFT-fongicide	IFT-nématicide		
Cotonou	12,71	11,54	1,98	12,59	4,5
Ouidah	18,34	16,31	-	13,38	4,1
Sèmè-kpodji	16,74	14,57	1,39	12,53	4,6
Ensemble	14,95	13,25	1,73	12,75	4,4
p-value	> 10 %	> 10 %	> 10 %	> 10 %	> 10 %

3-2. Mesures d'hygiène lors de l'épandage des pesticides

Tous les producteurs enquêtés utilisent un pulvérisateur à dos lors des traitements phytosanitaires. La grande majorité d'entre eux sont pieds nus lors de l'épandage des pesticides. Seuls 19,3 % portent des chaussures

fermées. Moins de 1/10 des maraîchers (6,1 %) disposent d'équipements de protection individuelle adaptés, mais les utilisent rarement lors de la préparation et de l'application des pesticides (*Tableau 5*). Plus de deux cinquième des producteurs (soit 45,2 %) disposent de masques de protection. La proportion de producteurs possédant de masque de protection est plus faible à Ouidah comparativement à Cotonou et Sèmè-kpodji. Moins d'un quart des producteurs (soit 22,3 %) des producteurs disposent de gants pour la préparation de la bouillie insecticide. La majorité des producteurs portent de pantalon (80,7 %) et de chemises manches longues (76,1 %) lors de l'épandage des pesticides. La proportion moyenne des producteurs portant de chaussures fermées lors des opérations de traitement phytosanitaire est de 19,3 % avec des fréquences plus élevées à Cotonou et Sèmè-kpodji. Moins de deux-cinquième des producteurs (soit 16,8 %) protègent toutes les parties de leurs corps lors des traitements phytosanitaires, mais seuls 6,1 % d'entre eux possèdent des Equipements de Protection Individuelle (EPI) appropriés.

Tableau 5 : Possession et port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI)

	Cotonou (N = 105)		Sèmè-kpodji (N = 48)		Ouidah (N = 44)		Total (N = 197)	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Possession d'EPI								
EPI approprié	7	6,7	3	6,2	2	4,5	12	6,1
Masque	53	50,5	28	58,3	8	18,2	89	45,2
Gants	22	20,9	16	33,3	6	13,6	44	22,3
Port de								
Pantalons	82	78,1	42	87,5	35	79,5	159	80,7
Chemises longues	78	74,3	37	77,1	35	79,5	150	76,1
Port de chaussures fermées	22	20,9	10	20,8	6	13,6	38	19,3
Protection complète des parties du corps	18	17,1	10	20,8	5	11,4	33	16,8

3-3. Description des variables expliquées et explicatives utilisées dans les modèles d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques et de l'utilisation des équipements de protection individuelle

La majorité des maraîchers enquêtés sont de sexe masculin (86,3 %). Cette même proportion des maraîchers a le maraîchage comme activité principale et environ 48,0 % reconnaissent bien les différents ravageurs attaquant les différentes spéculations qu'ils produisent (*Tableau 6*). L'âge moyen des producteurs est de 36,7 ans. Le nombre moyen d'années d'expérience dans la production est de 14,36 ans avec un écart-type de 10,29 ans. 15,1 % des maraîchers ont recours aux emprunts auprès des institutions de microfinance pour la production. 38,0 % utilisent un système d'irrigation motorisé, 43,0 % font régulièrement des rotations culturales pour rompre les cycles de développement des ravageurs. Le quart des producteurs enquêtés (25,0 %) utilisent les pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli et n'attendent pas que les cultures soient attaquées par les nuisibles. Le revenu annuel moyen tiré de la production est de 917646 Fcfa.

Tableau 6 : Moyennes et écarts-type de variables expliquées et explicatives utilisées dans les modèles d'analyse des déterminants de l'utilisation des pesticides chimiques et de l'utilisation des équipements de protection individuelle

Variables	Description des variables	Moyenne	Ecart-type
SEXE	Variable muette = 1 si masculin, 0 = féminin	0,86	0,34
ACTIVP	Variable = 1 si activité principale, 0 = Sinon	0,86	0,34
EXPE	Expérience professionnelle (années)	14,36	10,29
CREDIT	Variable muette = 1 si emprunt, 0 = Sinon	0,15	0,36
ARROSA	Variable muette = 1 si utilisation de motopompes, 0 = Sinon	0,38	0,49
RECRAV	Variable muette = 1 si reconnaissance des ravageurs, 0 = Sinon	0,48	0,5
TYPELEG1	Variable muette = 1 si production de légumes locaux uniquement, 0 = Sinon	0,12	0,33
TYPELEG2	Variable muette = 1 si production de légumes exotiques uniquement, 0 = Sinon	0,15	0,34
SUP	Superficie emblavée (m ²)	1341,56	2001,87
SIT 1	Variable muette = 1 si Sèmè-kpodji, 0 = Sinon	0,24	0,43
SIT 2	Variable muette = 1 si Ouidah, 0 = Sinon	0,22	0,42
AGE	Age de l'exploitant (années)	36,7	12,55
RBE	Revenu Brut d'exploitation (Fcfa)	917646	862567
ROT	Variable muette = 1 si rotation, 0 = Sinon	0,43	0,5
NVINSTR	Nombre d'années d'études (années)	5,75	10,24
UTPESTCH	Variable dépendante = 1 si utilisation systématique de pesticides chimique et 0 = Sinon	0,25	0,44
UTILEQUIP	Variable dépendante = 1 si protection complète des parties du corps et 0 = Sinon	0,17	0,37

3-4. Facteurs influençant l'utilisation systématique des pesticides chimiques

Le modèle est globalement significatif au seuil de 5 % (**Tableau 7**). Des variables explicatives initiales, deux s'avèrent significatives à un seuil de 5 %, à savoir : l'expérience professionnelle et la localisation des sites de production. Deux autres sont significatives à 1 %. Il s'agit de l'âge du producteur et la rotation culturale. Les autres variables ne sont pas statistiquement significatives. De plus, ces différentes variables sont très faiblement corrélées entre elles. Elles sont corrélées à des dimensions distinctes non liées. L'influence d'une des dimensions sur la probabilité qu'un producteur utilise systématiquement les pesticides chimiques, ne dépend aucunement de l'influence des autres. Le modèle final conserve un pouvoir prédictif de l'ordre de 77,7 %. L'utilisation des pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli est négativement associée à l'expérience des producteurs ($p < 0.05$). Les producteurs ayant plus d'années d'expérience dans la production ont tendance à moins utiliser les pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli. Par contre l'utilisation des pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli est positivement associée à l'âge des producteurs ($p < 0.01$). La variable « Rotation culturale » est négativement associée à l'utilisation systématique des pesticides chimiques ($p < 0.01$). Les producteurs faisant la rotation des cultures ne font pas les traitements phytosanitaires suivant un calendrier préétabli. La variable « SIT 1 » est négativement associée à la variable dépendante. Les producteurs de Sèmè-kpodji ont donc tendance à ne pas traiter systématiquement leurs cultures comparés à leurs homologues de Cotonou.

Tableau 7 : Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation systématique des pesticides chimiques

Variables	Coefficients	Odd-Ratios	P-value
SEXE	-0,488	0,614	0,345
ACTIVP	0,48	1,616	0,398
EXPE	-0,063	0,939**	0,021
CREDIT	-0,154	0,857	0,778
ARROSA	0,492	1,636	0,319
RECRAV	-0,003	0,997	0,994
TYPELEG 1	-0,066	0,936	0,956
TYPELEG 2	-0,563	0,57	0,353
SUP	0,001	1,002	0,612
SIT 1	-1,529	0,217**	0,019
SIT 2	-0,779	0,459	0,16
AGE	0,057	1,058***	0,003
RBE	0,001	1,003	0,754
ROT	-1,285	0,277***	0,003
Constante	-1,418	0,242	0,165
-2LogL			194,778
LR chi2			28,415
Prob > chi2			0,013
Pseudo R2			0,198
Pourcentage de bonne prédiction			77,7

, **, * indiquent respectivement significatif au seuil de 10 %, 5 % et 1 %*

3-5. Facteurs influençant le port des équipements de protection individuelle

Le modèle est globalement significatif au seuil de 10 % (**Tableau 8**). Des variables explicatives initiales, deux s'avèrent significatives au seuil de 10 %, à savoir : l'expérience professionnelle et la localisation des sites de production. Le modèle final conserve un pouvoir prédictif de l'ordre de 83,2 %. La protection complète des parties du corps lors de la préparation et l'épandage des pesticides est positivement associée à l'expérience professionnelle ajustée sur les autres variables explicatives. La protection des différentes parties du corps de l'applicateur est moins fréquente à Ouidah comparée à Houéyiho.

Tableau 8 : Résultats du modèle d'analyse des déterminants de l'utilisation des équipements de protection individuelle

Variables	Coefficients	Odd-Ratios	P-value
SEXE	0,762	2,142	0,355
ACTIVP	0,155	1,167	0,802
EXPE	0,046	0,955*	0,089
CREDIT	-1,076	0,341	0,16
TYPELEG 1	1,57	4,807	0,117
TYPELEG 2	0,121	1,128	0,869
SUP	0,001	1,002	0,252
SIT 1	-0,24	0,786	0,67
SIT 2	-1,237	0,290*	0,075
AGE	0,024	1,025	0,297

NIVINSTR	0,367	1,444	0,406
RBE	0,001	1,003	0,494
Constante	-2,997	0,050**	0,022
-2LogL			161,295
LR chi2			16,761
Prob>chi2			0,059
Pseudo R2			0,137
Pourcentage de bonne prédiction			83,2

, **, * indiquent respectivement significatif au seuil de 10 %, 5 % et 1 %*

4. Discussion

4-1. Usage des pesticides par les producteurs

Les producteurs maraîchers au sud du Bénin utilisent plusieurs formulations commerciales pour protéger leurs cultures. Certaines ne sont pas homologuées pour la production maraîchère comme le SHERPHOS 218 EC, une formulation de cyperméthrine et de triazophos. Ces résultats sont en accord avec ceux retrouvés dans la commune rurale de Tori-Bossito [6] où la préparation la plus utilisée par plus de 84 % des maraîchers était du COTALMP 218EC, une formulation binaire de lambda-cyhalothrine et de profenophos recommandée pour la production cotonnière. La plupart des pesticides utilisés par les producteurs maraîchers au sud du Bénin sont des pesticides binaires, le plus souvent une association de pyréthrianoïde et d'organophosphoré [6, 7]. Les indices de fréquence de traitement pesticides (IFT-insecticide et IFT-fongicide) sont plus élevés à Ouidah comparés à Cotonou et Sèmè-kpodji. Les producteurs de Ouidah font plus fréquemment des traitements pesticides. L'indice de pression pesticide (IP), un peu plus élevé à Ouidah confirme les tendances obtenues avec les indicateurs IFT. Les délais de carence (délai de sécurité ou délai avant récolte) observés sont relativement faibles (4,4 jours en moyenne). Certaines formulations pesticides ont des délais avant récolte de 3 jours (pyréthrianoïdes), ou d'une semaine (certains organophosphorés) ou deux semaines et plus. Les délais de sécurité observés avant la récolte par les producteurs sont faibles et peuvent entraîner la présence de résidus de pesticides dans les légumes produits qui, à leurs tours seront commercialisés sur les marchés et se retrouver dans le plat du consommateur.

Ces résultats sont en accord avec ceux d'études antérieures sur les pratiques phytosanitaires des maraîchers au Bénin qui rapportent que les délais de carence observés par les producteurs sont courts [6, 12]. Aussi des résidus de pesticides ont été détectés dans des légumes juste avant récolte au champ [12] et des légumes collectés sur les marchés au Bénin [11 - 13]. Les producteurs doivent lire les modes d'emploi sur les flacons pesticides pour pouvoir observer le délai de sécurité approprié à chaque préparation. Ainsi, ils peuvent réduire les risques liés à la contamination des légumes produits et mettre des produits sains à la disposition des consommateurs. En ce qui concerne le port des Equipements de Protection Individuelle (EPI), les producteurs pour la plupart ne se protègent pas. Seuls 16,8 % d'entre eux protègent les différentes parties de leur corps lors de l'application de la bouillie insecticide et peu de producteurs utilisent des équipements de protection individuelle appropriée (combinaison). Ceci les expose à des risques sanitaires [14 - 22]. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus au niveau des producteurs maraîchers dans la commune de Tori-Bossito au sud du Bénin qui ne portent pas d'équipements de protection individuelle lors des traitements phytosanitaires [6]. Des études menées dans 24 pays du monde sur les pratiques phytosanitaires des maraîchers rapportent que les maraîchers portant des EPI estiment qu'ils ont 0.6 fois moins de chance d'expérimenter des incidents liés à l'usage des pesticides chimiques [14].

4-2. Facteurs déterminant l'utilisation des pesticides chimiques

Le nombre d'années d'expérience des producteurs dans la production maraîchère influence négativement et de façon significative l'utilisation des pesticides chimiques. Son influence négative sur l'utilisation des pesticides chimiques (au seuil de 5 %) indique que les producteurs plus expérimentés ont tendance à adopter la lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs de cultures. Ils n'utilisent pas systématiquement les pesticides suivant un calendrier préétabli, mais observent souvent leurs cultures et adoptent des stratégies moins consommatrices en pesticides chimiques. Il était attendu que les producteurs plus expérimentés utilisent systématiquement les pesticides chimiques. Une étude sur les perceptions des maraîchers sur l'adoption des extraits aqueux rapportent que les producteurs les plus expérimentés ont plus confiance en l'utilisation des pesticides chimiques qu'ils perçoivent plus efficaces que les biopesticides [25]. Les producteurs les plus expérimentés préfèrent donc la lutte intégrée utilisant peu de pesticides chimiques à la lutte biologique. Les résultats obtenus sont en accord avec une étude menée au Bénin sur les déterminants socioéconomiques des pratiques phytosanitaires [29]. Ces auteurs rapportent aussi que le nombre d'années d'expérience influence les pratiques phytosanitaires des maraîchers de Cotonou au sud du Bénin. La localisation du site influence de façon significative l'utilisation des pesticides chimiques (seuil de 5 %). Ceci est en accord avec les résultats d'études antérieures [29] qui rapportent que l'usage des pesticides chimiques dépend aussi de l'organisation du site maraîcher.

Les producteurs de Sèmè-kpodji ont tendance à utiliser moins systématiquement les pesticides chimiques comparés à leurs homologues de Houéyiho. Les producteurs de Sèmè-kpodji sont plus en contact avec les agents de vulgarisation agricole. Les locaux du Centre Communal de Promotion Agricole (CeCPA) de Sèmè-kpodji sont à proximité des sites maraîchers de Sèmè-kpodji. Cette proximité occasionne des rencontres fréquentes entre producteurs et agents de vulgarisation. Le contact fréquent avec les agents de vulgarisation agricole peut influencer les perceptions des producteurs et les amener à réduire l'usage des pesticides chimiques en substituant ces derniers par les biopesticides [25]. Toutefois la couverture du marché en biopesticides efficaces est réduite [26]. L'utilisation systématique des pesticides augmente significativement avec l'âge du producteur au seuil de 1 %. Ceci pourrait être lié au fait que certains producteurs plus âgés ont fait irruption dans la production après perte d'emplois ou après être admis à la retraite. Ces derniers ont peu d'expérience dans la production maraîchère. Les maraîchers faisant la rotation culturale n'utilisent pas systématiquement les pesticides chimiques suivant un calendrier préétabli. Ils attendent que leurs champs soient attaqués avant de recourir aux pesticides. La rotation culturale fait partie intégrante des pratiques agroécologiques. Elle permet de rompre les cycles de développement des nuisibles sur une même parcelle et réduit l'incidence des attaques de ravageurs ou des infestations parasitaires [30, 31]. Elle présente également des avantages en matière de gestion de la fertilité et le maintien de la bonne structure des sols [31, 32].

4-3. Facteurs déterminant le port des équipements de protection individuelle

La protection complète des différentes parties du corps lors des traitements phytosanitaires est significativement influencée par l'expérience du maraîcher dans la production et par la localisation de l'exploitation. Les producteurs ayant plusieurs années d'expérience dans la production maraîchère mesurent le danger que représentent les pesticides chimiques. Ils protègent les différentes parties de leurs corps lors des traitements phytosanitaires. Ceci est en accord avec les résultats d'une étude menée en Palestine qui rapporte que les producteurs ayant une expérience de plus de dix ans ont une meilleure connaissance des bonnes pratiques phytosanitaires [33]. Les maraîchers au Bénin n'adoptent pas de bonnes pratiques phytosanitaires et ne se protègent pas lors de l'épandage des pesticides à l'instar de leurs homologues en Afrique subsaharienne. Une étude menée en Tanzanie sur les pratiques des producteurs maraîchers montre

que les maraîchers à 66,9 % ne portent pas les EPI lors des traitements phytosanitaires [34]. Le non-respect des normes d'hygiène lors des traitements les expose à des risques de toxicité aiguë (céphalées, irritation des yeux, irritation de la peau, éternuement) [6, 14, 35] et de toxicité chronique (cancer, trouble de la reproduction, problèmes de fertilité) [19 - 23]. Les producteurs de Ouidah ont tendance à moins se protéger lors des traitements phytosanitaires en comparaison à ceux de Cotonou. Ceci peut être lié au manque d'encadrement des producteurs à Ouidah, mais aussi à leur ignorance des différents effets des pesticides chimiques sur la santé humaine. Des actions de sensibilisation sur l'utilisation des équipements de protection individuelle lors des traitements phytosanitaires devront être multipliées. Ces mesures pourront diminuer les risques et impacts sanitaires découlant de l'exposition aux pesticides. Une étude ultérieure sur l'évaluation des connaissances des producteurs maraîchers du Bénin sur la signification des pictogrammes présents sur les flacons pesticides est aussi nécessaire pour la sauvegarde de la santé des producteurs et la protection de l'environnement.

5. Conclusion

Cette étude permet d'identifier les déterminants des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers au sud du Bénin. Les différents facteurs déterminant les pratiques phytosanitaires des maraîchers sont leur expérience professionnelle, leur âge, le site de production, la pratique de la rotation culturale. Les efforts de sensibilisation des producteurs sur les risques inhérents à l'utilisation des pesticides chimiques ainsi que le port d'équipements de protection individuelle lors de l'épandage de ces produits doivent être multipliés. Un approvisionnement du marché en biopesticides efficaces contre les nuisibles est un moyen pour réduire les fréquences d'utilisation et les quantités de matières actives de pesticides chimiques épandus. Aussi des mesures visant à faciliter l'accès et l'acquisition d'Équipements de Protection Individuelle (EPI) peut amener les producteurs à adopter les mesures d'hygiène lors de l'épandage des pesticides. L'évaluation des connaissances de ces producteurs maraîchers sur la signification des pictogrammes présents sur les flacons des pesticides qu'ils utilisent s'avère nécessaire pour les amener à produire sain.

Remerciements

Nous remercions les membres de JEA-RISA de l'Institut Régional de Santé Publique (IRSP), l'unité de recherche Hortsys du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), le Sous-Programmes Cultures Maraîchères de l'Institut de Recherche Agricole du Bénin (INRAB) et le Centre Interfacultaire de Formation et de Recherche en Environnement pour le Développement Durable de Cotonou (CIFRED) pour leur contribution à ces travaux de recherche.

Références

- [1] - P. BERTHELIER et A. LIPCHITZ, Quel rôle joue l'agriculture dans la croissance et le développement ? *Revue Tiers Monde*, Vol. 183, N°3 (2005) 232 ; doi : 10.3917/rtm.183.0603
- [2] - D. ALY, Z. J. DAH-DOVONON et A. DANSI, "Rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture", 2^{ème} rapport, Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, Bénin, (2007) 57 p.
- [3] - PSRSA, "Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin", (2009) 173 p.
- [4] - INSAE, "Statistiques économiques : Production agricole", République du Bénin, (2014) <http://www.insae-bj.org/production-agricole.html>, (Juin 2019)
- [5] - PSDSA, "Plan Stratégique de Développement du Secteur Agricole au Bénin", République du Bénin, (2017)
- [6] - C. AHOANGNINO, B. E. FAYOMI et T. MARTIN, Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito au Sud-Bénin. *Cahiers Agricultures*, Vol. 20, N°3 (2011) 216 - 22, doi : 10.1684/agr.2011.0485
- [7] - C. AHOANGNINO, T. MARTIN, P. CLEDJO, F. ASSOGBA-KOMLAN, P. EDORH, L. DJOGBENO, B. ASSOGBA, M. SOUMANOU, M. BOKO and F. FAYOMI, Caractérisation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires dans la production de légumes dans les communes de Cotonou, Sèmè-kpodji et Ouidah au sud-Bénin. *Cahiers du CBRST*, Vol.7, N°2 (2015) 135 - 171
- [8] - E. Y. A. PAZOU, J. P. AZEHOUN, P. E. ALEODJRODO, N.M. VAN STRAALLEN, B. VAN HATTUM and C. A. VAN GESTEL, Health risks associated with pesticide residues in sediments, fish and plants from the Ouémé valley in the Republic of Benin. *Arch Environ Contam Toxicol*, Vol. 65, N°2 (2013) 260 - 265
- [9] - N. SALIOU, S. TRAORE, B.T. MAMADOU et A. MANGA, Contamination des produits agricoles et de la nappe phréatique par les pesticides dans la zone de Niayes au Sénégal. *Rev.Sci.Technol.*, Synthèse 25 (2012) 119 - 125
- [10] - O. AKOTO, A. A. AZUURE and K. D. ADOTEY, Pesticide residues in water, sediment and fish from Tono Reservoir and their health risk implications. *Springerplus*, Vol. 5, N°1 (2016) 1849
- [11] - M. G. SÆTHRE, N. O. SVENDSEN, B. HOLEN, F. ASSOGBA-KOMLAN and I. GODONOU, Pesticide residues analysis for three vegetable crops for urban consumers in Benin. *Bioforsk Report*, Vol. 6, (2011) 1 - 29
- [12] - C. AHOANGNINO, T. MARTIN, F. ASSOGBA-KOMLAN, S. SIMON, L. DJOGBENO, I. SIDDICK, C. PENNETIER, V. CORBEL and B. Fayomi, Using *Aedes aegypti* larvae to assess pesticide contamination of soil, groundwater and vegetables in southern-Benin. *British Biotechnology Journal*, 3 (2) (2013) 143 - 157
- [13] - L. INGENBLEEK, R. HU, L. L. PEREIRA, A. PAINEAU, I. COLET, A. Z. KONE, A. ADEGBOYE, S. E. HOSSOU, Y. DEMBELE, A. D. OYEDELE, K. J. K. CHABI SIKA, S. EYANGO, P. VERGER, J-C. LEBLANC and B. LE BIZEC, Sub-Saharan Africa total diet study in Benin, Cameroon, Mali and Nigeria : Pesticides occurrence in foods. *Food Chem X*, Vol. 2, (2019) 100034, doi: 10.1016/j.fochx.2019.100034
- [14] - J. A. TOMENSON and G. A. MATTHEWS, Causes and types of health effects during the use of crop protection chemicals: data from a survey of over 6,300 smallholder applicators in 24 different countries. *Int Arch Occ Env Hea*, Vol. 82, (2009) 935 - 49
- [15] - D. J. SNELDER, M. D. MASIPIQUENA and G. R. DE SNOO, Risk assessment of pesticide usage by smallholder farmers in the Cagayan Valley (Phillipines). *Crop protection*, Vol. 27 (2008) 747 - 762
- [16] - K. H. KIM, E. KABIR and S. A. JAHAN, Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Sci Total Environ*, Vol. 575, (2017) 525 - 535
- [17] - M. HOUBRAKEN, I. BAUWERAERTS, D. FEVERY, M. C. VAN LABEKE and P. SPANOGHE, Pesticide knowledge and practice among horticultural workers in the Lâm Đông region, Vietnam : a case study of chrysanthemum and strawberries. *Sci Total Environ*, Vol. 550, (2016) 1001 - 1009

- [18] - D. A. KHAN, S. SHABBIR, M. MAJID, T. A. NAQVI and F. A. KHAN, Risk assessment of pesticide exposure on health of Pakistani tobacco farmers. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, Vol. 20, (2009) 196 - 204
- [19] - A. BLANC-LAPIERRE, G. BOUVIER, A. GARRIGOU, M. CNAL-RAFFIN, C. RAHERISON, P. BROCHARD et I. BALDI, Effets chroniques des pesticides sur le système nerveux central: état des connaissances épidémiologiques. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, Vol. 60, (2012) 389 - 400
- [20] - M. JUNG, S. J. CHANG, C. B. KIM, S. MIN, K. LEE, S. B. KOH and J. R. CHOI, Association between chronic exposure to pesticide and suicide. *J Occup Environ Med*, Vol. 61, N°4 (2019) 314 - 317
- [21] - G. ANDREOTTI, L. E. B. FREEMAN, L. HOU, J. COBLE, J. RUSIECKI, J. A. HOPPIN, D. T. SILVERMAN and M. ALAVANJA, Agricultural pesticide use and pancreatic cancer risk in the agricultural health study cohort. *Int J Cancer*, Vol. 124, (2009) 2495 - 2500
- [22] - H. P. HUTLER, A. W. KHAN, K. LEMMERER, P. WALLNER, M. KUNDI and H. MOSHAMMER, Cytotoxic and genotoxic effects of pesticide exposure in male coffee farmworkers of the Jarabacoa Region, Dominican Republic. *Int. J Environ Res Public Health*, Vol. 15, N°8 (2018) 1641, doi: 10.3390/ijerph15081641
- [23] - G. ANIFANDIS, G. AMIRIDIS, K. DAFOPOULOS, A. DAPONTE, E. DOVOLOU, E. GAVRIIL, V. GORGOGIETAS, E. KACHPANI, Z. MAMURIS, C. I. MESSINI, K. VASSIOU and A. G. PSARRA, The in vitro impact of the herbicide roundup on human sperm motility and sperm mitochondria. *Toxics*, Vol. 6, (2018) 1 - 9
- [24] - G. ANUPAMA, M. AVINASH, K. K. DAS and N. ASHOKA, Analysis of farmer's perception for bio-pesticides : a case in Citradurga and Davanagere Districts, India. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, Vol. 8, N°2 (2019) 2449 - 2456
- [25] - S. A. ADÉKAMBI, P. Y. ADÉGBOLA and A. AROUNA, "Farmers's perception and agricultural technology. The case of botanical extracts and biopesticides in vegetable production in Benin", Third African Association of Agricultural Economists (AAAE) and 48th Agricultural Economists Association of South Africa (AEASA) Conference, Cape Town, South Africa, (September 2010) 19 - 23
- [26] - S. ADETONAH, E. KOFFI-TESSIO, O. COULIBALY, E. SESSOU et G. A. MENSAH, Perception et adoption des méthodes alternatives de lutte contre les insectes de cultures maraîchères en zone urbaine et péri-urbaine au Bénin et au Ghana. *Bulletin de Recherche Agronomique du Bénin*, Vol. 69, (2011) 1 - 9
- [27] - G. S. MADALLA, "Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics", Cambridge University Press, Cambridge, (1983) 401 p.
- [28] - J. GOCKOWSKI and M. NDOUMBE, The adoption of intensive monocrop horticulture in southern Cameroon. *Agricultural Economics*, Vol. 30, (2004) 195 - 202
- [29] - E. ZOSSOU et D.S. VODOUHE, "Déterminants socio-économiques des pratiques phytosanitaires: Cas des cultures maraîchères à Cotonou, Bénin", Omn.Univ.Europ, Editions Universitaires Européennes, March, (2011) 116 p.
- [30] - G. DENIS, Pratiques paysannes et théories savantes préagronomiques. Le cas des débats sur la transmission des maladies des grains de blé. *Rev. Hist. Sc.*, Vol. 54, N°4 (2001) 451 - 494
- [31] - P. MORLON et F. SIGAUT, "La troublante histoire de la jachère. Pratiques des cultivateurs, concepts de lettrés et enjeux sociaux." Quae, Versailles / Educagri, Dijon, (2008) 325 p.
- [32] - E. TERNISIEN, Etude des rotations culturales en bananeraie. Seconde partie : Impact des cultures de rotation sur la production bananière et l'état sanitaire du sol. *Fruits*, Vol. 44, N° 9 (1989) 445 - 454
- [33] - S. H. ZYOD, A. F. SAWALHA, W. M. SWEILEH, R. AWANG, S. I. AL-KHALIL, S. W. AL-JABI and N. M. BSHARAT, Knowledge and practices of pesticide use among farm workers in the west Bank, Palestine : safety implications, *Environ Health Prev Med*, Vol. 15, N° 4 (2010) 252 - 261, doi: 10.1007/s12199-010-0136-3
- [34] - E. E. LEKEI, A. V. NGOWI and L. LONDON, Farmers' knowledge, practices and injuries associated with pesticide exposure in rural farming villages in Tanzania. *BMC Public Health*, Vol. 14, (2014) 389
- [35] - G. BHANDARI, K. ATREYA, X. YANG, L. FAN and V. GEISSEN, Factors affecting pesticide safety behaviour: the perceptions of Nepalese farmers and retailers. *Sci Total Environ*, Vol. 631, (2018) 1560 - 1571