

# *Portée Et Impact De La Dérivé Sur Les Arthroodes Des Principaux Produits Phytosanitaires Utilises Des Cultures Maraichères Des Niayes Du Sénégal*

<sup>1</sup>Souleymane Ly, <sup>2</sup>Ibrahima Sarr, <sup>3</sup>Ruben Torres Martinez, <sup>4</sup>Bouso Niang

<sup>(1)</sup> Expert, Projet de Développement Agricole de Matam, BP : 99 Matam/Sénégal, email : slycd80@yahoo.fr, 00221775170590/00221339666353

<sup>(2)</sup> Chercheur, Directeur National, Centre National de Recherche agronomique de Bambey/ISRA/Sénégal. Tel 00221 775484777

<sup>(3)</sup> Enseignant/chercheur Universidad Nacional Autonoma de México, email : rubentm@hotmail.fr

<sup>(4)</sup> Ingénieur Biomédical, enseignante Université Polytechnique de l'Ouest Africain, sis Almadies Dakar/Sénégal, email : bouso7@yahoo.fr



**Résumé** – Dans la frange Nord de la région de Louga, lors des traitements phytosanitaires, une partie relativement importante des produits pulvérisés peut être perdue dans l'environnement. Ces dérives des traitements phytosanitaires pourraient avoir des conséquences néfastes sur la santé des opérateurs et la biodiversité. L'objectif est d'évaluer et de mesurer la portée des gouttelettes des traitements de dérives des produits phytosanitaires par rapport aux conditions climatiques ainsi que leur impact sur la santé et sur les arthropodes. L'étude est menée à travers une enquête réalisée auprès de 122 producteurs maraichers et une expérimentation en milieu paysan.

Ainsi, 81% des producteurs enquêtés ont sont sur les problématiques liées à la dérive. 67% des producteurs estiment que lors des traitements 10% de la bouillie se retrouvent dans la zone non traitée. L'étude a montré également que la distance potentielle de dérive appliquée sur la culture de la tomate avec l'utilisation d'un pulvérisateur à dos manuel est de 6,875 m. Les écarts entre les arthropodes trouvés avant et après traitement varient de 1 à 27 individus par point de collecte de 0,5 m de distance dans les cinq premiers mètres de dérive.

En somme, la connaissance de la dérive et de sa portée constituent des informations très importantes dans la prévention ou la réduction des impacts négatifs de l'utilisation des produits phytosanitaires.

**Mots clés** – Louga, dérive, traitements phytosanitaires, portée

**Abstract** – In the northern fringe of the Louga region, when plant protection products are sprayed, a relatively large proportion may be lost to the environment. This could have harmful consequences for the health of operators and biodiversity. The aim is to assess and measure the range of droplets from plant protection product drift treatments in relation to climatic conditions, as well as their impact on health and arthropods. The study is being conducted through a survey of 122 market gardeners and on-farm experimentation.

As a result, 81% of the growers surveyed had very clear ideas about the problems associated with spray drift. 67% of growers estimated that 10% of the spray liquid used during spraying ended up in the untreated zone. The study also showed that the potential drift distance applied to the tomato crop with the use of a manual backpack sprayer is 6.875 m. The differences between the arthropods found before and after treatment ranged from 1 to 27 individuals per 0.5 m collection point within the first five metres of drift.

In conclusion, knowledge of drift and its extent is very important information in the prevention or reduction the negative impact of the use of plant protection products.

**Keywords** – Louga, Drift, Crop Protection Treatments, Range.

## I. INTRODUCTION

La dérive des gouttelettes, liée à la pulvérisation agricole, donne lieu à des concentrations de pesticides élevées au sol ou dans l'air et susceptibles de causer immédiatement des dommages environnementaux, sanitaires et économiques (BAHROUNI *et al*, 2020).

La dérive par définition selon Arvidsson, (2011) est le dépôt de pesticides sur une zone (agrosystème) non cible en provenance d'un point ou ligne d'application avec plusieurs facteurs d'influence dont les propriétés du pesticide, la culture et les paramètres environnementaux (Température, Humidité relative, vent) jouent des rôles important sur la portée des gouttelettes volatilisées. La perte de produits phytosanitaires par dérive peut atteindre à des degrés variés compris entre 1 à 75% de la dose d'application (Bahrouni., 2010). Ces pertes sont en général sous forme d'aérosols liquides (fines gouttes) et en phase vapeur. Les gouttes issues d'une buse de pulvérisation ont une taille et une vitesse variable. La taille des gouttelettes, mesurée en micromètres, est souvent caractérisée par le diamètre volumétrique médian (VMD). Le VMD est une valeur statistique qui définit un diamètre médian de gouttelettes, c'est-à-dire le diamètre de la goutte pour laquelle 50 % du 19 volume du jet de pulvérisation est constitué de gouttelettes plus grosses et 50 % du volume est constitué par des gouttelettes plus fines (Ndao, 2008).

Les pertes immédiates sont les plus souvent dépendantes des conditions météorologiques (vent, humidité relative, stabilité atmosphérique ...), de la bouillie (formulation, adjuvant), du pulvérisateur (type pulvérisation, buses, vitesse d'avancement, pression ...) et des cultures (densité foliaire, hauteur, structure...) (Briand *et al*, 2001 ; Guiral *et al*, 2016).

Une étude menée par Gouda *et al*, 2018 sur la comparaison de la dérive pour deux types de pulvérisateurs utilisés en production cotonnière au Bénin à savoir le pulvérisateur à dos et la canne centrifuge (hauteur de pulvérisation 1 m et 1,5 m) a ressorti les résultats suivants : dans les mêmes conditions météorologiques ( $35^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$  ; H.R. :  $64 \pm 4\%$  ; vent stable d'environ 3 m.s-1), la hauteur de pulvérisation de 1,5 m et la canne de pulvérisation centrifuge engendrent des pourcentages de dérive significativement supérieurs à ceux générés respectivement pour la hauteur de pulvérisation de 1 m et le pulvérisateur à dos. Et en conclusion quel que soit l'appareil, les gouttelettes se dispersent jusqu'à une distance de 16 m.

En plus, d'après Pimentel (1995) moins de 0,1% des pesticides appliqués pour la lutte antiparasitaire atteignent leurs ravageurs cibles. Ainsi, plus de 99,9% des pesticides utilisés se déplacent dans l'environnement où ils nuisent à la santé publique et au biote bénéfique, et contaminent le sol, l'eau et l'atmosphère de l'écosystème.

Des études faites en 2013, par l'American Society of Agricultural and Biological Engineers, sur la déposition foliaire et perte hors cible avec différentes techniques de pulvérisation dans les applications de pépinière ont montré que les types de buses utilisées au niveau des appareils de traitement ont une influence sur la dérive de pulvérisation. Le type de buse ainsi que la pression de pulvérisation, la vitesse de conduite et la hauteur de la rampe de pulvérisation ont un effet important sur la quantité de dérive de pulvérisation. De plus grandes tailles de buses, des pressions de pulvérisation et des vitesses d'entraînement plus faibles et des hauteurs de rampe de pulvérisation plus faibles réduisent généralement la dérive de pulvérisation (ASAB, 2007).

Des études antérieures ont mesuré la dérive des pesticides à partir de rampes de pulvérisation montées sur tracteur (Longley *et al*, 1997) et ont montré que le volume de dérive dépend de la vitesse du vent et de la distance sous le vent du pulvérisateur. Selon longley *et al*,(1996), le volume de dérive est important lorsque la vitesse du vent est élevé. En exemple avec les vitesses moyennes de vent enregistrées entre 1 et 4 m/s, le pourcentage de dérive dans les limites des champs adjacents entièrement pulvérisés était compris entre 1 et 7%. Des mortalités de larve *S. littoralis* ont été enregistrées.

L'étude menée par C. F. G. THOMAS *et al*, (1990) a montré à travers la modélisation de la dérive que la deltaméthrine peut réduire à hauteur de 89% à certaines catégories d'araignées. La diffusion peut atteindre les femelles d'*O. apicatus* ERT56 entre de 1,1 à 15,3 semaines et pour *E. atra* de 3,7 à 6,5 semaines à 15 et 75 m de la zone non pulvérisée.

D'après Ngom *et al* (2013), les pesticides fréquemment pulvérisés sur les cultures dans la zone des Niayes au Sénégal (diméthoate, métamidophos, dicofol, endosulfan et déltaméthrine) ont été détectés dans 97 % des échantillons de légumes et à des teneurs supérieures aux limites maximales admises (LMR).

Selon Lawson *et al*, (2017), lors des traitements phytopharmaceutiques, avec l'utilisation d'EPI, l'exposition moyenne a atteint 3,25 mg/kg pc/jour et sans EPI, l'exposition potentielle était égale à 32,52 mg/kg pc/jour. Ces deux valeurs dépassent

largement les normes de certains produits phytosanitaires comme le deltaméthrine qui est de 0,0075 mg/kg pc/jour. Cette étude indique le niveau de risque élevé pour l'applicateur des pesticides. Durant les traitements, l'exposition par inhalation et l'exposition cutanée sont les voies d'expositions majeures (Ndao, 2008 ; Kim *et al.* 2013).

Toujours, par rapport à l'effet de la dérive des traitements phytopharmaceutique, des travaux menés par Scheyer A (2004) ont montré que 15 à 20% des produits phytosanitaires sont cancérogènes et la plupart d'entre eux sont des perturbateurs endocriniens, c'est à dire qu'ils peuvent créer des malformations congénitales chez l'enfant et des stérilités chez l'homme. De plus, plusieurs cas d'intoxication aiguë aux pesticides et des manifestations cliniques possiblement en relation avec leur utilisation ont été révélé par les études réalisées par Cissé *et al* (2003).

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la portée des gouttelettes des traitements de dérives des produits phytosanitaires par rapport aux conditions climatiques ainsi que leur impact sur la santé et sur les arthropodes dans la zone des Niayes de Louga.

## II. MÉTHODES

### Enquêtes

Une approche participative sous forme d'enquête a été réalisée dans la zone de la frange Nord des Niayes de Louga pour déterminer la perception des maraîchers par rapport à la connaissance des dérives de pulvérisation et leurs effets sur la santé et l'environnement. L'enquête est menée avec un échantillon de 122 producteurs maraîchers choisis au hasard, et qui exercent dans 6 sites répartis en 03 secteurs (Nord, centre et sud de Potou). Un questionnaire est administré et comporte plusieurs rubriques liées à l'effet des dérives des traitements phytosanitaires des cultures maraîchères sur l'environnement et la santé humaine. Une pondération a été effectuée en rapport avec l'importance de la population maraîchère dans chaque site pour déterminer le nombre de localités et de producteurs à enquêter. Les enquêtes sont également menées sur les maraîchers ayant au minimum une expérience de 05 années dans la production maraîchère. La collecte est faite avec utilisation de fiches et tablettes.

### Expérimentation.

#### Dispositif expérimental

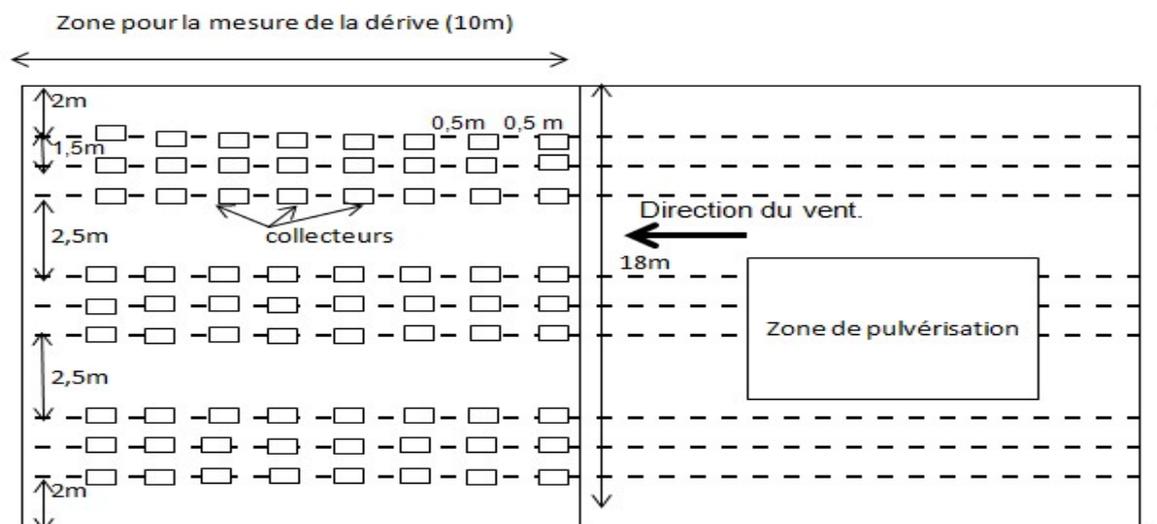


Figure 1 : Schéma du dispositif expérimental de mesure de la dérive

Le plan en parcelle partagée ou split-plot à deux facteurs est utilisé. Chaque facteur a trois niveaux de traitement (spécialité commerciale et dosage de la bouillie). Ce dispositif est divisé en trois sous parcelles distantes de 2,5 m et en bordure de 2m. Chaque sous parcelle est composée de trois planches de 10m<sup>2</sup> séparées l'une entre l'autre de 1,5 m. La superficie du dispositif expérimental est de 180m<sup>2</sup>.

### **Préparation de la bouillie**

Trois matières actives de produits phytosanitaires ont été utilisées à savoir : le profenofos, le diméthoate 400g/g) et le chlorpyrifos-ethyl 480g/l. Trois types de dosage de la bouillie ont été appliqués : premier dosage pour la dérive 15cc de produit plus 5litres d'eau ; deuxième dosage pour la dérive 20cc de produit plus 5litres d'eau et troisième dosage pour la dérive 25cc de produit plus 5litres d'eau.

### **Matériel d'application**

150 Collecteurs de papiers hydro sensibles soutenus par des ficelles agricoles ont été placés le long des planches de 10m<sup>2</sup> de la culture de la tomate avec une distance régulière de 0,5m entre les papiers sur les cinq premiers mètres et 0,3125 mètres entre les papiers sur les cinq derniers mètres.

Un pulvérisateur à dos muni d'une buse de turbulence a été utilisé pour faire le traitement. Trois passages de traitement sur la zone de pulvérisation suivant une hauteur de 0,5m et conformément à la vitesse habituelle de l'applicateur ont été mis en exergue. Les applications ont été faites sur une ligne et sur une distance de 10 m pour chaque planche, perpendiculairement à la direction du vent dominant qui va entraîner un dépôt de gouttelettes au niveau des collecteurs placés.

Les traitements pour la mesure de dérive ont lieu chez la tomate au stade de floraison et formation de fruit.

L'applicateur est un producteur expérimenté avec plus de 5 ans dans la production. Lors des applications, il a porté un équipement de protection individuelle (combinaison, botte, masque, lunette, gant, casquette...).

Au moment de l'exercice, des pièges jaunes de dimensions 15 x 20 cm ont été mis à contribution pour capturer les arthropodes afin de pouvoir les identifier et faciliter ainsi le comptage des insectes vivants.

Pour mesurer les paramètres météorologiques, l'enregistreur de température « HOBO TDATALOGO » a été placé afin d'obtenir la température, l'humidité et calculer certaines variables statistiques telles que : le minimum, le maximum, la moyenne et l'écartype. Les données de la météorologie nationale sont également utilisées comme complément par rapport à la vitesse du vent, la direction du vent etc.

### **Analyses des données**

Les données collectées ont été saisies dans le logiciel Excel pour la réalisation des graphes et des tableaux. L'analyse des tendances de certains paramètres comme le nombre d'impacts des gouttelettes de pulvérisation, le nombre d'arthropodes trouvés avant et après traitements phytosanitaires, a été effectuée à l'aide du logiciel Excel.

Une analyse descriptive par tabulation croisée a été utilisée avec le logiciel SPSS 16 sur les pourcentages des variables qualitatives portant sur la fréquence des différents types de buse, la perception des dérives de traitements hors zone et la connaissance des causes de la dérive.

## **III. RÉSULTATS**

### **Caractérisation des connaissances de dérive des producteurs**

Les enquêtes menées auprès des maraichers dans la zone des Niayes ont révélé que ces derniers ont une connaissance de la portée des gouttelettes dans la zone non cible. Les maraichers savent également les causes de dérive des traitements phytosanitaires et 42% d'entre eux pensent que la hauteur de la pulvérisation a un impact sur la dispersion des gouttelettes et de la dérive. Par rapport à la participation des opérateurs des applications phytosanitaires à la dérive, 75% des enquêtés ont confirmé leur implication sur les causes. Pour la majorité des maraichers enquêtés, 85% ont affirmé que le type de buse pouvait avoir une influence considérable sur la portée des gouttelettes et dispersion dans des zones non cibles. Seulement 39% des maraichers dans la zone pensent qu'on peut éviter la dérive à travers les bonnes pratiques de traitements phytosanitaires (cf tableau).

Tableau 1: Perception et connaissance des maraichers de la dérive par zone (%)

	Fréquence en %			
	Diokoul	Léona	Thiepp	Moyenne Générale
Connaissance dérive des traitements	98	61	87	81
Hauteur pulvérisation et dérive	0	61	69	42
Opérateur et dérive	97	63	64	75
Type de buse et dérive	98	59	95	84
Eviter Dérive	98	2	13	39

### Types de buses dans la Zone

Les résultats des enquêtes menées dans la zone des Niayes ont fait ressortir que les types de buse de pulvérisation les plus utilisés sont les buses à turbulence et les buses à fente respectivement 70% et 29% des maraichers enquêtés.

Selon les sites, il a été constaté que les buses à turbulence sont principalement utilisées à Thiépp (100%) et à Léona (61%) alors que les buses à fente sont plus rencontrées à Diokoul (86%) des enquêtés.

Tableau 2 : Type de buse et fréquence d'utilisation

Commune	Type buse					
	Buse à Fente	Fréquence(%)	Buse à turbulence	Fréquence(%)	NI	Fréquence(%)
Diokoul Diawrigne	36	86	6	14	0	0
Léona	0	0	25	61	16	39
Thiépp	0	0	39	100	0	0
Total	36	29	70	57	16	13

### Estimation dérive hors zone cible

Sur l'ensemble des trois sites d'études, les résultats ont montré : 67% des maraichers disent lors des traitements phytosanitaires que les 10% de la bouillie sont retrouvés dans la zone non traitée alors que 12% parmi eux pensent que c'est seulement 15% des gouttelettes qui sont perdues en hors zone. Ces appréciations de la dérive en hors zone de culture varient d'un site à l'autre et sont comprises entre 41 et 81% pour hors zone 10% et 5 à 19% pour hors zone 15% (tableau).

Tableau 3: Perception des maraichers sur la dérive hors zone de pulvérisation en pourcentage

Commune	% hors zone						Total
	10	15	20	25	5	ND	
Diokoul Diawrigne	34	8	0	0	0	0	42
Fréquence D (%)	81	19	0	0	0	0	100
Léona	17	2	1	0	5	16	41
Fréquence L (%)	41	5	2	0	12	40	100
Thiepp	31	5	1	1	1	0	39
Fréquence Th (%)	79	12	3	3	3	0	100
Total	82	15	2	1	6	16	122
Fréquence Générale (%)	67	12	2	1	5	13	100

### Portée de la Dérivé

Les résultats de l'étude expérimentale de la portée de la dérive ont montré que le nombre d'impacts de pulvérisation de gouttelette de la bouillie des doses des différents produits utilisés (dose1, dose2 et dose 3), varie de 0 à 110 d'impacts par centimètre carré. La moyenne générale du nombre d'impacts des gouttelettes de dérive est comprise entre 69 et 102 d'impacts de gouttelettes par cm<sup>2</sup> selon la distance de la zone de dérive. L'étude a montré que la distance potentielle de dérive appliquée sur la culture de la tomate avec l'utilisation d'un pulvérisateur à dos manuel est de 6,875 m. Outre la préparation de la bouillie, cette dérive est fonction des conditions de la météorologie (direction du vent, vitesse du vent, humidité relative...) et la pression du pulvérisateur manipulé par l'opérateur (cf figure).

Dans les mêmes conditions de températures et de pressions, les distances de la portée de dérive sont presque similaires pour les différentes formulations et doses appliquées et varient de 6,5625 à 6,875 m.

Les tendances linéaires ont également les mêmes allures.

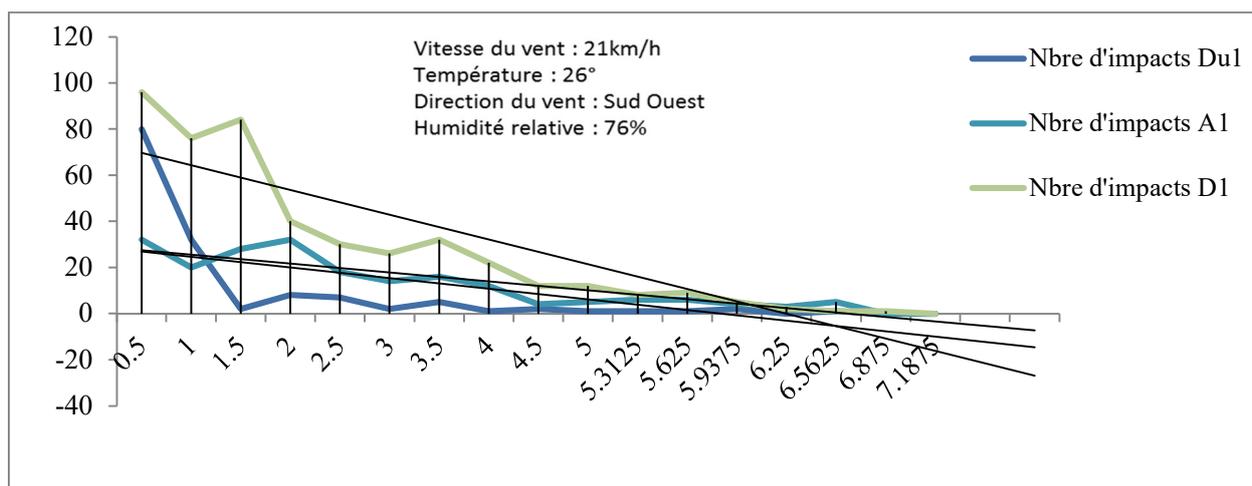


Figure 1 : Nombre d'impacts de gouttelettes et portée de la dérive en fonction de la formulation et type de dosage1

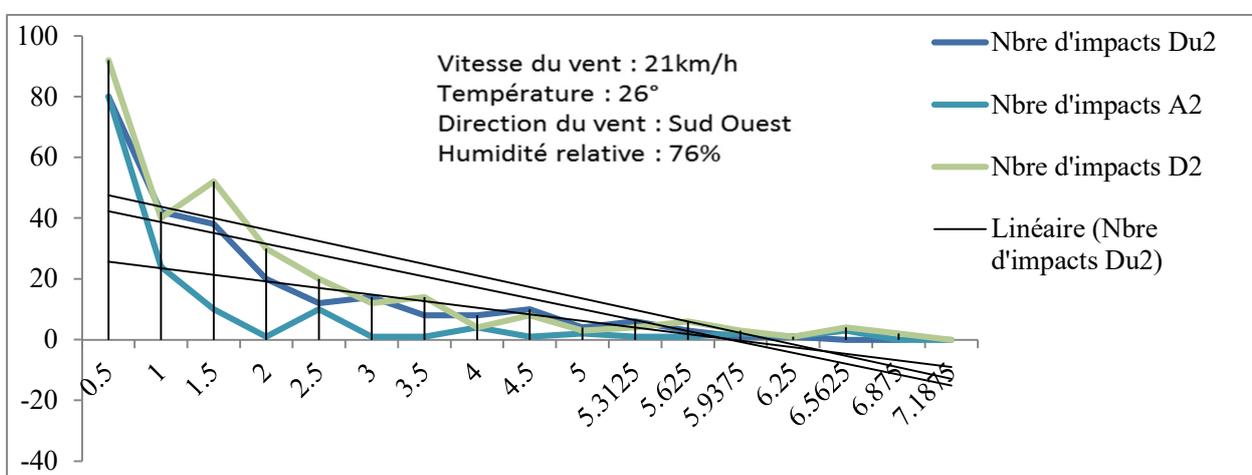


Figure 2 : Nombre d'impacts de gouttelettes et portée de la dérive en fonction de la formulation et type de dosage2

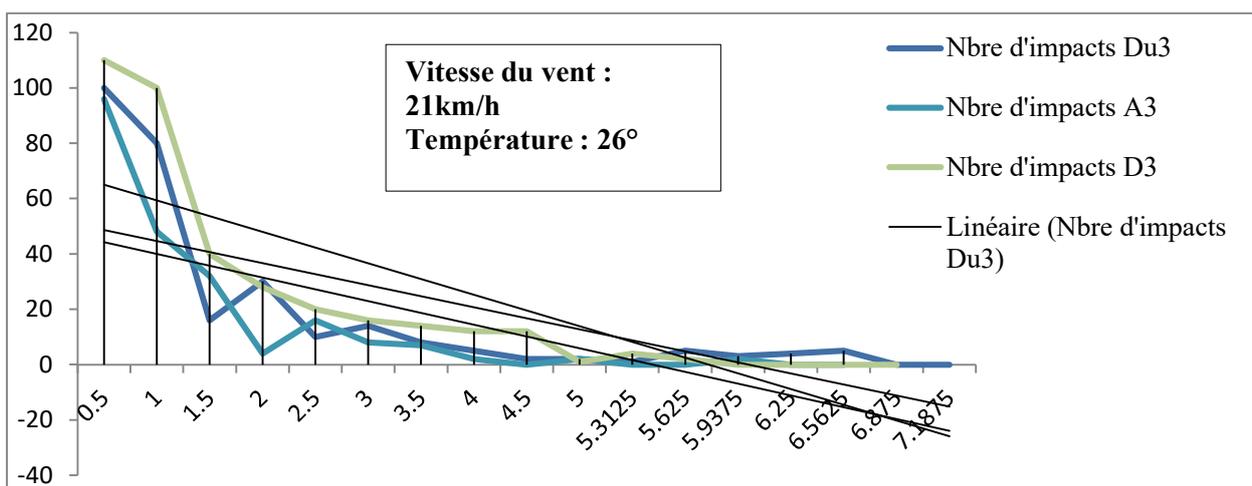


Figure 3 : Nombre d'impacts de gouttelettes et portée de la dérive en fonction de la formulation et type de dosage3

## Impact de la dérive sur les Arthropodes

### Arthropodes observés dans la zone

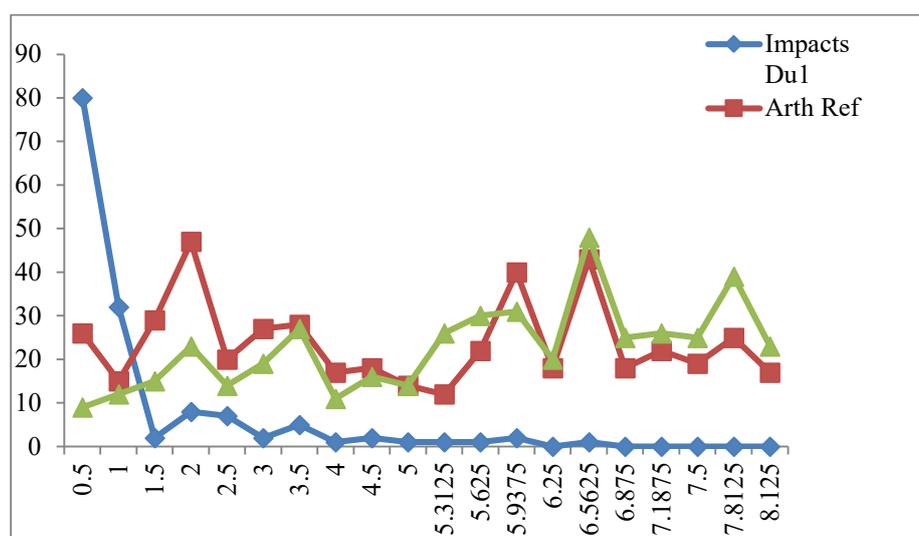
Au cours des observations sur le terrain, 16 types d'arthropodes sont identifiés à savoir : les mouches domestiques, la coccinelle, les pucerons, la chenille *helicoverpa*, la chenille *Tuta absoluta*, les sauterelles, la mouche des fruits, les jassides, les aleurodes, les abeilles, les guêpes, les guêpes maçonnes, les acariens (acculops licopersisi...), les cicadelles, les demoiselles, des syrphidés. Dans ce panorama, il existe d'autres arthropodes non identifiées.

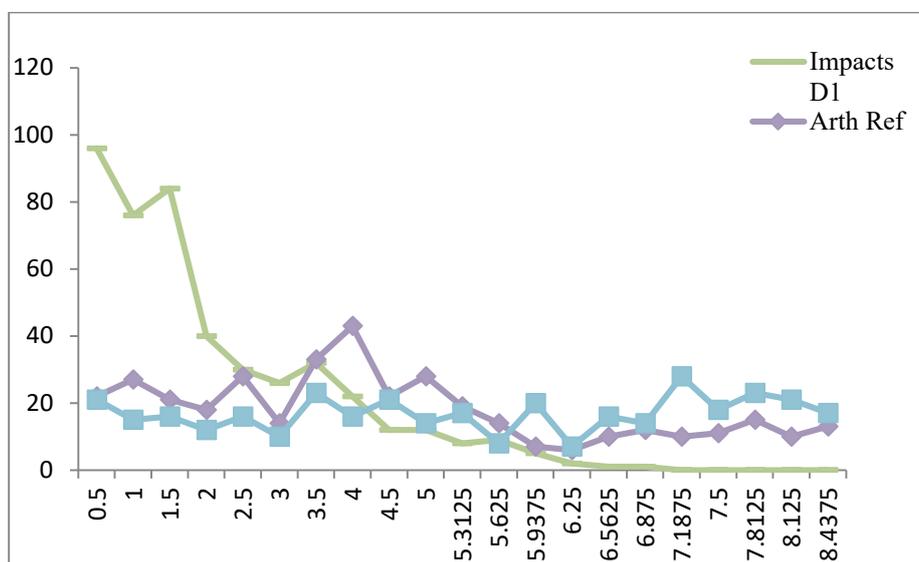
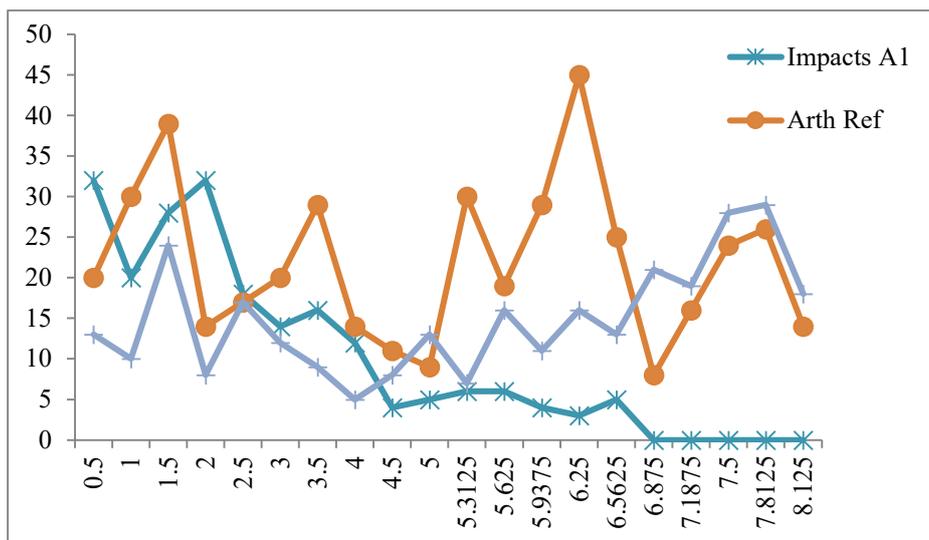
Parmi les arthropodes observés, on y retrouve des ravageurs des cultures, des espèces utiles à l'agriculture et d'autres espèces. Certains arthropodes sont beaucoup plus présents d'une plante hôte à une autre. Les auxiliaires des cultures suivent la dynamique de leurs proies et sont présentes dans toutes les spéculations.

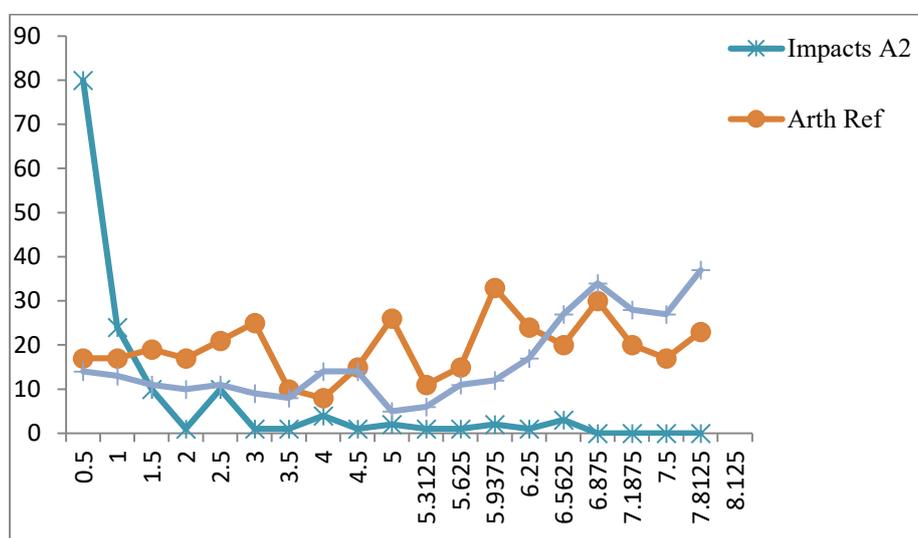
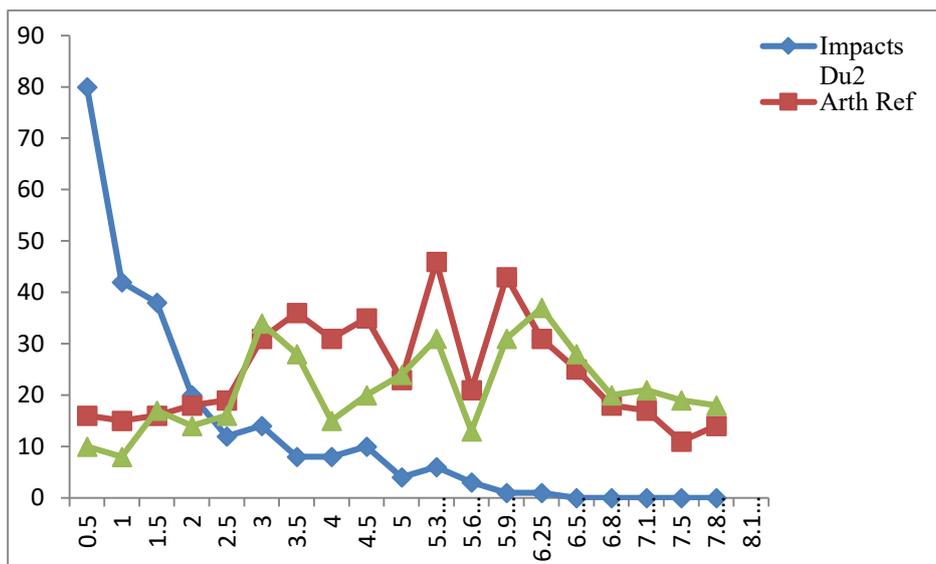
### Effet sur la dispersion des gouttelettes de dérive

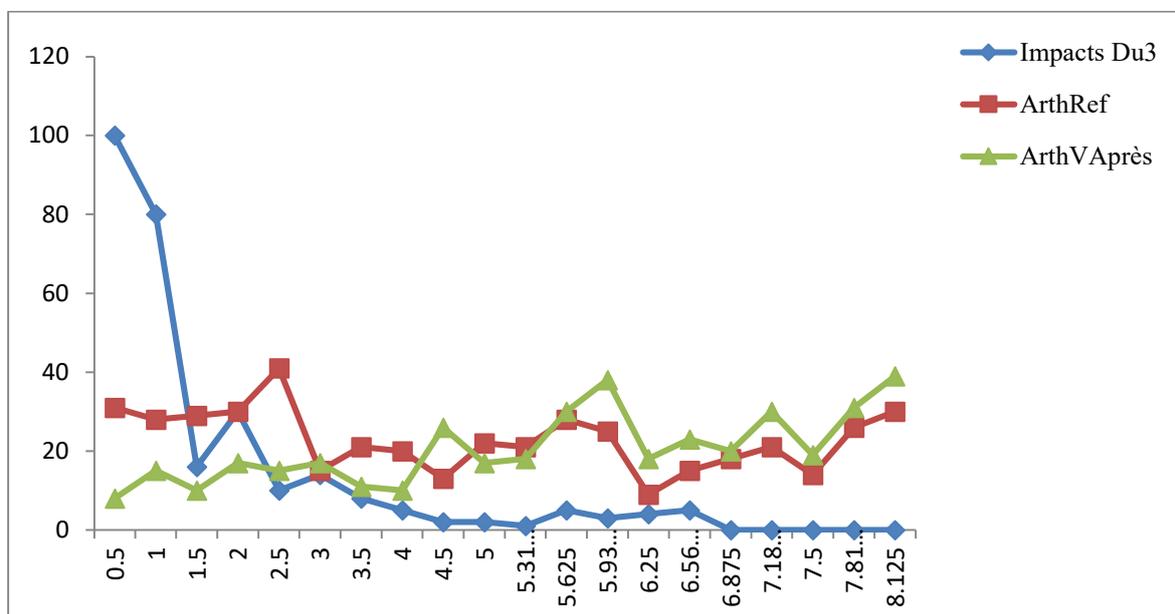
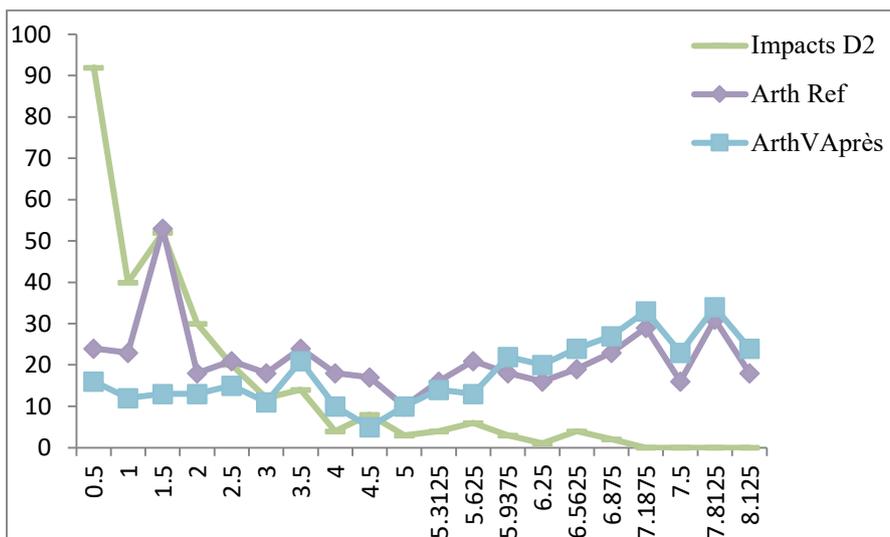
Les résultats de l'expérimentation sur les effets des principales formulations les plus utilisées dans la zone ont fait ressortir que l'émergence des arthropodes dans la zone de dérive est fonction du type de formulation et du dosage de la bouillie. Selon la formulation et le dosage utilisé, la population des arthropodes peut être réduite jusqu'à 6,875 m de la portée de dérive des gouttelettes lors des applications phytosanitaires. Les écarts entre les arthropodes trouvés avant et après traitement varient de 1 et 27 individus par point de collecte de 0,5 m de distance dans les cinq premiers mètres de dérive. Ces résultats ont révélé également que les arthropodes cibles et non cibles sont moins nombreux en début de dérive et augmentent au fur et à mesure de la présence des gouttelettes suivant la distance qui est de 6,875 m.

La diminution de la population d'arthropodes observés avant et après pulvérisation est fonction du nombre d'impacts des gouttelettes de pulvérisation, de la formulation et du dosage de la bouillie. En général, plus le nombre d'impacts de gouttelette est élevé, plus les différences des individus d'arthropodes avant et après application phytosanitaire sont élevées (cf figure).









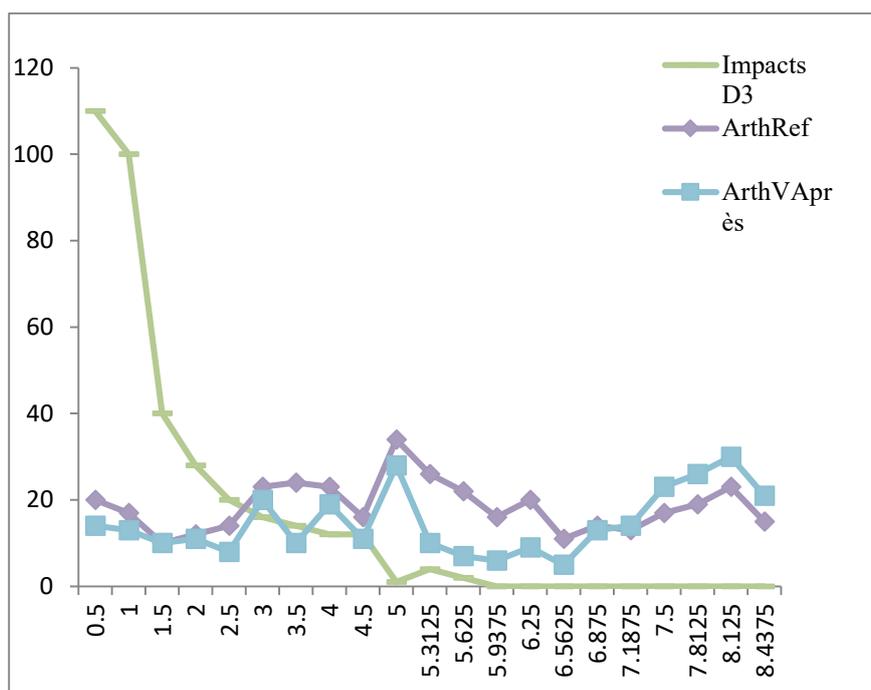
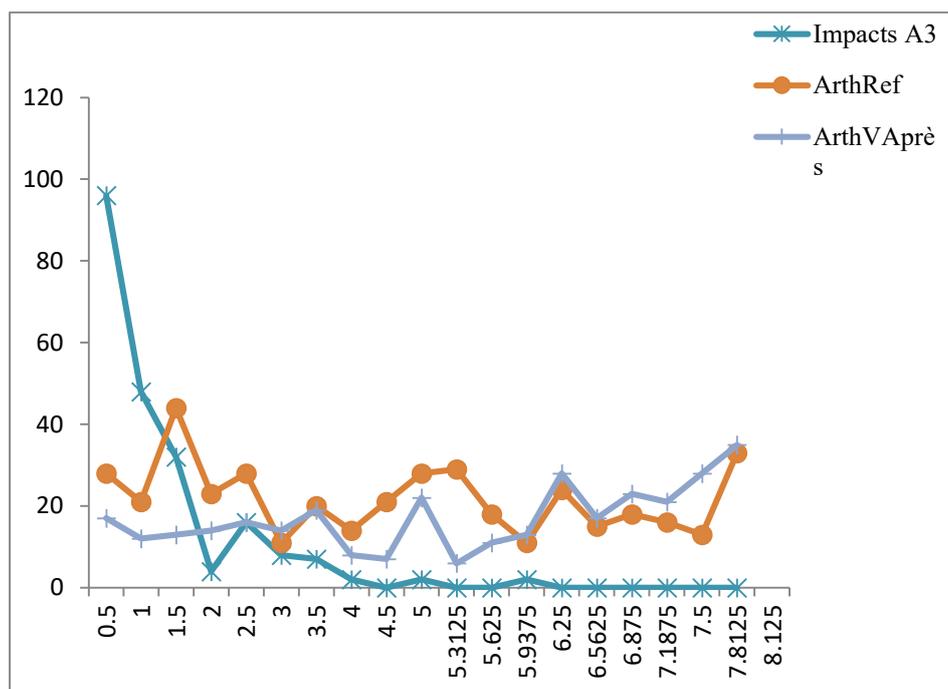


Figure 5: Le nombre d'impact de gouttelettes en fonction du nombre d'arthropodes avant et après traitement phytosanitaire.

#### IV. DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Sur la base de l'analyse de la recherche et d'autres études similaires faites dans le cadre de la thématique évoquée, les réponses sont présentées comme suit :

- Cette étude menée dans la zone des Niayes est corolaire avec beaucoup d'acteurs qui disent que dans les zones de productions maraichères, la majorité des producteurs reconnaissent les dangers que peuvent poser les pesticides sur les êtres vivants (Ahouangninou et al 2011).
- Ces résultats ont relativement une même tendance si on prend en compte les aspects suivants : la hauteur de la pulvérisation, les conditions météorologiques avec l'étude faite par Gouda et al, (2018) sur la distance de la dérive de dispersion des gouttelettes d'un pulvérisateur à dos. Cette étude a montré que selon le matériel de pulvérisation utilisé, la hauteur de pulvérisation appliquée et les conditions météorologiques, les gouttelettes de dérive peuvent se disperser jusqu'à 16 m. La distance de chute et la durée de vie avant évaporation de la bouillie sont fonction du diamètre initial de goutte et des conditions météorologiques, qui peuvent aller respectivement à 136,4m et 227secondes (Matthews, 1985).
- Une étude faite sur la dérive par (Schweizer et al, 2014) avait conduit à une conclusion principale disant que les dépôts de produits phytosanitaires diminuent rapidement avec la distance de la surface cible de l'application. Dans cette étude, les auteurs avaient trouvé une distance de 6 à 100 m (bandes sans traitement) par rapport aux eaux de surface et autres biotopes, prescrites spécifiquement selon la substance active et le type d'application. Cette distance est imposée pour maintenir à un niveau acceptable le risque pour les organismes aquatiques et les arthropodes terrestres non cibles. Ces résultats sont similaires avec les résultats de cette étude. Alors que selon Ken Yoshida & Raj Grover (1978), La dérive des gouttelettes hors cible au moment de la pulvérisation varie entre 1 et 8 % pour l'application au sol, selon le type de buse et la vitesse du vent, et est de l'ordre de 20 à 35 % pour la pulvérisation par avion.
- Les résultats de ces observations et enquêtes de terrain sur la diversité des arthropodes corroborent parfaitement avec les études faites dans la zone des Niayes par d'autres auteurs (Sarr et al, 2012, Ngom et al 2020). La dérive des produits phytosanitaires peut réduire les émergences des ennemies, tuer les auxiliaires ou jouer une action répulsive.
- Selon Otto et al, (2008), concernant la dérive de pulvérisation chimique, le taux de létalité des arthropodes non cibles est moins élevé lorsque des pesticides à faible toxicité sont utilisés. On peut également en déduire que la mortalité des arthropodes est variable et est fonction de la distance de dérive, du type de produits phytosanitaires, du dosage de la préparation bouillie, de l'applicateur etc. A Gagnon dans le Québec, une étude faite par (Back et al, 1983), pendant 5 jours sur la dérive d'un insecticide organophosphoré des insectes aquatique a montré que l'activité résiduelle du pesticide contre les larves est passée de 100% à 0% et que l'augmentation de dérive a été significative pour les Plécoptères, les Epheméroptères et les Diptères.

## RÉFÉRENCES

- [1]. **Ahouangninou C**, Fayomi BE, Martin T, (2011). Évaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraichers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). Cah Agric 20 : 216-22. doi : 10.1684/agr.2011.0485
- [2]. **Arvidsson T.**; Bergström L. et Kreuger J. (2011). Comparison of collectors of airborne spray drift. Experiments in a wind tunnel and field measurements. Pest Management Science; 67: 725–733. DOI : 10.1002/ps.2115
- [3]. **Cissé I.**, Tandia AA. & Fall ST., (2003). Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : cas de la zone des Niayes au Sénégal. Cah.Agr., 12(3), 181-186.
- [4]. **Gouda A I**, Mehoba M H L, Toko I I, Scippo M L, Kestemont P, Schiffers B (2018). Comparaison de la derive par deux types pulvérisateurs utilisés en production cotonnière au Bénin. Biotechnol. Agron. Soc. Environ.2018 22(2), 94-105. 12 pp.
- [5]. **HASSOUNA BAHROUNI**, HOUCINE BCHINI, SANA BEN MERIEM, ABDENNOUR SBAI, AMOR BOUGHDIRI, SABRI KANZARI & MOHAMED ALI BEN ABDALLAH (2020). Modélisation de la dérive pendant l'application des produits phytosanitaires sur les cultures basses : Revue bibliographique. EWASH & TI Journal, 2020 Volume 4 Issue 4, Page 514-523 Environmental and Water Sciences, Public Health & Territorial Intelligence Env.Wat. Sci. pub. H. Ter. Int. J. ISSN Electronic Edition : 2509 - 1069 Acces on line : <http://revues.imist.ma/?journal=ewash-ti/>. 10pp
- [6]. **John Maybank** , Ken Yoshida & Raj Grover (1978) Spray Drift from Agricultural Pesticide Applications, Journal of the Air Pollution Control Association, 28:10, 1009-1014, DOI: 10.1080/00022470.1978.10470699.

- [7]. **Kim, E.**, Moon, J.K., Lee, H., Kim, S., Hwang, Y.J., Kim, B.J., Lee, D.H., and Kim, J.H (2013). Exposure and risk assessment of operators to insecticide acetamiprid during treatment on apple orchard. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 31: 239-245.
- [8]. **Lawson, A.J.**, Akohou, H., Lorge, S., and Schiffers, B. (2017). Three methods to assess levels of farmers' exposure to pesticides in the urban and peri-urban areas of Northern Benin. 2017. *Tunisian Journal of Plant protection* 12: 91-108.
- [9]. **Longley, M.**, T. C, ilgi, P.C. Jepson and N.W Sotherton. (1997). Measurements of pesticide spray drift deposition into field boundaries and hedgerows: 1. Summer applications. *Environ. Toxicol. Chem.* 16:165–172.
- [10]. **Matthews; G. A (1985)**, Pesticide Application Methods, Logaman, London and New York. 335 pp
- [11]. **NDAO Tanor.** (2008). Etude des principaux paramètres permettant une évaluation et une réduction des risques d'exposition des opérateurs lors de l'application de traitements phytosanitaires en culture maraîchère et cotonnière au Sénégal (thèse de doctorat). Gembloux, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 196 p., 25 tabl., 43 fig.
- [12]. **Pimentel, D.**, (1995). Amounts of pesticides reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8: 17-29.
- [13]. **Saliou Ngom** , Toffène Diome, Bocar Diop et Mbacké Sembene (2020). Effet des extraits aqueux de *Calotropis procera* sur les principaux ravageurs du chou en culture au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(5): 1600-1610, June 2020. 11p.
- [14]. **Sarr I.**, Ndao T, (2012). Contribution à la réduction des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaire en culture maraichère dans les Niayes.38p
- [15]. **Schiffers B**, Knops J, Samb B., (2011). Analyse des risques et autocontrôle en production, Manuel n° 3 : COLEACP/PIP Press. Bruxelles / Belgique : Programme PIP/COLEACP, 346 p.
- [16]. **Simon Schweizer**, Heinrich Höhn, Daniel Ruf, Pierre-Henri Dubuis et Andreas Naef (2014). Application de produits phytosanitaires: mesures de réduction du risque lié à la dérive. *Recherche Agronomique Suisse* 5 (5): 172–179, 2014. 8pp
- [17]. **Simon Schweizer**, Heinrich Höhn, Daniel Ruf, Pierre-Henri Dubuis et Andreas Naef (2014). Application de produits phytosanitaires: mesures de réduction du risque lié à la dérive. Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 8820 Wädenswil Renseignements: Simon Schweizer, e-mail: [simon.schweizer@agroscope.admin.ch](mailto:simon.schweizer@agroscope.admin.ch) 8pp
- [18]. **THOMAS C.F.G.**, HOL E.H.A, and EVERTS. W J. (1990). Modeling the diffusion component of dispersal during recovery of a population of linyphiid spiders from exposure to an insecticide. *Functional Ecology* L990, 4, 357-368.