

Conditions météorologiques pendant les traitements

Elles sont mesurées dans toutes les parcelles suivies. Les appareils de terrain utilisés sont fournis par la firme testo (Figure 4.6.).



Figure 4.1. : Mesure des conditions météorologiques.

Les paramètres mesurés sont :

- la température (°C) : elle est mesurée au début et à la fin du traitement. L'appareil de mesure est muni d'une sonde humidité/température d'une précision de 0,4 °C et d'une résolution de 0,1 °C ;
- l'hygrométrie (%) : l'humidité relative est mesurée au début et à la fin du traitement par un hygromètre avec sonde d'humidité/température portable ayant une précision de 3 % ;
- la vitesse du vent (m/s) : elle est également mesurée au début et à la fin du traitement par un anémomètre avec sonde à hélice de terrain portable, ayant une précision de 5 %.

Des observations sont également effectuées durant les applications phytosanitaires et les paramètres observés concernent soit la culture traitée, soit les appareils utilisés et les produits à appliquer, soit l'applicateur et son environnement de travail. Tout ceci dans le but d'avoir des données aussi larges que possible sur les facteurs intervenant dans le processus d'exposition.

Le matériel de traitement

Un contrôle de l'état du matériel de traitement est fait pour vérifier d'éventuelles défaillances pouvant exposer l'applicateur : en général, il s'agit des fuites sur les différents organes des appareils, des défaillances mécaniques pouvant affecter la répartition.

Les produits utilisés

Les données inscrites sur l'étiquette du produit (s'il y en a) sont relevées, sinon, on essaie d'aller les chercher chez les revendeurs. Egalement, les doses appliquées par l'applicateur sont relevées et comparées à celles qui sont recommandées par la firme. Le type d'emballage du produit et son état sont également contrôlés.

Les mesures de protection

Le port ou l'absence d'équipements de protection individuelle chez les applicateurs durant les différentes parties du traitement (préparation, application et rinçage) est noté. Il en est aussi de l'état de l'équipement de protection porté par l'applicateur.

Les imprudences

Il s'agit de constater si les opérateurs commettent des imprudences en consommant des nourritures, des boissons ou cigarettes ou en soufflant dans la buse bouchée pendant les traitements. On regarde également si d'autres imprudences sont commises : le toucher d'un objet contaminé ou le fait de recevoir les éclaboussures, etc. La direction de l'opérateur par rapport au vent est aussi observée.

Les précautions après le traitement

Certaines pratiques comme le lavage immédiat ou non des mains, du corps et des vêtements sont surveillées. La destruction ou non des emballages vides, ainsi que la façon dont elle est réalisée, est observée.

Le stockage des produits

Les lieux de stockage des produits utilisés sont aussi vérifiés dans ce travail (Figure 4.7.).



Figure 4.2. : 3 lieux de stockages des produits phytosanitaires.

4.3.6 L'enquête complémentaire

Afin de compléter les mesures et observations, un questionnaire est posé aux applicateurs à la fin du travail. Les questions posées sont les suivantes :

- l'expérience dans le travail ;
- le niveau de scolarisation et de formation ;
- le niveau de connaissance des étiquettes et sa capacité à interpréter les pictogrammes montrés ;
- le temps journalier consacré à la pulvérisation ;
- la superficie journalière traitée ;
- les heures auxquelles les traitements sont réalisés ;
- la direction de travail par rapport au vent ;
- les pannes fréquentes et l'entretien de l'appareil ;
- les raisons du non port des équipements de protection ;
- les problèmes de santé liés aux traitements qu'ils ont rencontrés.

4.3.7 Le test de confort et d'acceptabilité de l'Équipement de Protection Individuel Tropic (EPI)

Le Tropic EPI fabriqué par la firme SYNGENTA est testé sur le terrain. L'équipement est composé d'une capuche, d'une visière, d'un pantalon (devanture imperméable) et d'un boubou à manche longue avec attaches, d'un tablier (imperméable) et de gants (Figure 4.8.).



Figure 4.3. : Opérateur portant l'EPI testé.

Au total, l'équipement de protection a été testé sur 40 applicateurs, respectivement 20 en zone maraîchère et 20 en zone cotonnière. Des mesures sont effectuées pendant les traitements :

- les horaires d'application (heure de début-heure de fin) ;
- la culture traitée ;
- la hauteur de la culture traitée ;
- le type de pulvérisateur utilisé ;
- le nombre de remplissage de la cuve ou du réservoir ;
- le volume de bouillie appliqué à l'hectare ;
- la température en °C et l'humidité relative en % HR ;
- le type de vêtement porté sous l'EPI.

A la fin de l'application, l'avis des opérateurs sur les caractéristiques suivantes a été recueilli à l'aide d'un questionnaire joint en annexe :

- la forme de l'équipement ;
- le confort pendant le travail ;
- le confort thermique ;
- la forme de la casquette ;
- la sensation de protection ;
- l'adoption de l'équipement en cas de disponibilité ;
- le prix qu'ils peuvent déboursier pour l'acquérir.

4.3.8 Analyse statistique des résultats

Les statistiques descriptives sont réalisées sur les mesures. Les paramètres étudiés sont : paramètres de positions (moyennes arithmétiques et géométriques) et paramètres de dispersion (écart type, percentiles, minimum, maximum).

4.3.9 Limites et contraintes

Si le thème de la sécurité des opérateurs appliquant des pesticides est un sujet d'actualité au Sénégal, il faut constater qu'il n'a pas encore retenu l'attention de la recherche. Par conséquent, il n'existe pas encore d'informations scientifiques sur le sujet. Par ailleurs, les sites sont situés dans des localités parfois d'accès difficile et distantes par rapport à notre résidence. D'autres difficultés inhérentes à la compréhension du dialecte de la localité (zone cotonnière) sont notées. Il en est de même du respect dans la programmation des traitements ou des mesures de terrain (événements familiaux, pluies intermittentes en zone cotonnière).

4.4 RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.4.1 Analyse des facteurs de risque

4.4.1.1 Evaluation des niveaux de formation

Le tableau 4.1 présente les niveaux de formation obtenus par enquêtes.

Tableau 4.1. : Niveau de formation des applicateurs (enquête 2006).

Formations :	Zone maraîchère		Zone cotonnière	
	Effectif (sur un total de 43)	Proportion (%)	Effectif (sur un total de 50)	Proportion (%)
connaissance des langues				
Lecture du français	13	30,2	15	30,0
Lecture des langues nationales	7	16,3	4	8,0
Suivi une formation sur les pratiques agricoles	13	30,2	3	6,0

Les niveaux de formation des opérateurs peuvent avoir un impact significatif sur les risques d'exposition aux produits phytosanitaires car les informations légales exigées par les autorités d'homologation et mentionnées sur les étiquettes (dose à appliquer, le respect des consignes de sécurité, etc.) peuvent ne pas être comprises. Les populations ayant répondu favorablement à la lecture des étiquettes collées sur les emballages sont de 23,2 % en zone maraîchère et 6 % en zone cotonnière. Les étiquettes sont souvent en langues étrangères, que bon nombre d'utilisateurs n'arrivent pas à lire. Pour cela, de petits diagrammes de signalisation indiquant les risques essentiels sur la toxicité des produits ou pictogrammes sont utilisés. Dans le questionnaire joint en annexe, un test consiste à montrer puis demander des pictogrammes couramment rencontrés sur les étiquettes des produits : la tête de mort présentée sur les produits très toxiques ou toxiques et la croix de Saint André pour les produits nocifs, irritants ou sensibilisants. Les réponses correctes obtenues sont très faibles en zone cotonnière (6 %) ; en zone maraîchère, 44,2 % des enquêtés ont donné des réponses correctes et 13,9 % des réponses à moitié exactes. Pour les formations sur les pratiques agricoles, la zone maraîchère qui est située en zone périurbaine bénéficie des atouts tels que les infrastructures routières mais également de la proximité de structures (structures techniques de l'Etat, projets, ONGs) qui œuvrent pour le développement de l'agriculture d'une manière générale et de l'horticulture en particulier. Entre autres, peuvent être cités : l'ISRA, le PAEP, le PPEA, le PDMAS, le PLCP, les ONGs, l'appui du PIP... Par contre, la zone cotonnière est enclavée et certaines zones sont très difficiles d'accès voire même présentent même des problèmes d'insécurité.

4.4.1.2 Evaluation des matériels de traitement

L'état des appareils est un facteur important dans la qualité du processus d'application des produits phytosanitaires. La distribution du jet est fonction des caractéristiques de la buse, de la pression et des propriétés physico-chimiques de la bouillie. Tandis que la sensibilité de la répartition aux facteurs extérieurs est variable suivant la taille des gouttelettes et de leur temps de chute.

Sur les pulvérisateurs à dos, les buses sont des buses à turbulence. Le débit moyen mesuré est de $0,62 \pm 0,16$ l/mn et la largeur moyenne de travail est de $44,29 \pm 8,55$ cm. Les quelques problèmes constatés se situent au niveau du circuit liquide : fuites (11,1 %), gâchette (9,2 %) et levier (7,4 %). De l'avis des applicateurs, le principal problème rencontré sur les pulvérisateurs à dos est le fait que les buses sont fréquemment obturées (74,4 % des réponses). Les conséquences sont, hormis la mauvaise distribution du jet engendrée par l'obturation de la buse, les défaillances mécaniques (fuites de la bouillie à partir des composantes du circuit liquide) entraînent une exposition de l'opérateur par voie cutanée mais également, une contamination de la nappe par infiltration.

Sur les cannes à pulvérisation centrifuge, le débit moyen mesuré est de $0,12 \pm 0,02$ l/mn. Les appareils rencontrés sont en bon état car les pièces de rechange sont disponibles au niveau des services de la SODEFITEX. La largeur théorique de travail (celle recommandée par le constructeur) est de 240 cm (3 x 80 cm) soit 3 lignes de cultures traitées à chaque passage. En réalité, cette largeur est conditionnée par la vitesse du vent et sa direction pendant l'application. L'idéal est obtenu par un vent de travers à vitesse constante comprise entre 1 à 4 m/s. Au-delà de cette vitesse, le bouillard est emporté hors de la cible avec des risques importants de dérive et, en deçà, le brouillard est juste réparti autour de l'applicateur avec tous les risques que cela comporte. Selon les applicateurs, le problème le plus fréquemment rencontré sur les appareils à canne est la panne du moteur (74 %).

4.4.1.3 Evaluation des produits de traitement

Les Tableaux 4.2 et 4.3 présentent les produits utilisés chez les applicateurs suivis.

Tableau 4.2. : Liste des produits rencontrés en traitement cotonnier en 2006.

Nom commercial	Type de formulation	Substances actives	Famille chimique	DL ₅₀ chez le rat (mg/kg)	Classe OMS
Callisulfan	EC	Endosulfan	Organochloré	80	II
Lambdacall	EC	Profénofos +	Pyréthri-noïde	358	II
		Lambdacyhalothrine		56	II

WHO (2004) : Classe I-extrêmement/hautement dangereux ; Classe II-Modérément dangereux ; Classe III-légèrement dangereux ; T5- inoffensifs en utilisation normale.

Tableau 4.3. : Liste des produits rencontrés en culture maraîchère en 2006.

Nom commercial	Type de Formulation	Substance active	Famille chimique	DL ₅₀ chez le rat (mg/kg)	Classe OMS
Décis	EC	Deltaméthrine	Pyréthri-noïde	135	II
Diméthoate	EC	Diméthoate	Organophosphoré	150	II
Distar	EC	Méthamidophos	Organophosphoré	30	I _b
Confidor	SC	Imidaclopride		450	II
Conquest	EC	Cypermethrine+ Acetamiprid+ Triazophos		250 217 82	II II I _b
Malathion	EC	Malathion	Organophosphoré	2100	III
Adonis	EC	Fipronil	Phénylpyrazole	92	II
Manèbe	WP	Manèbe	Dithiocarbamate	6750	T.5
Lannate	WP	Méthomyl	Carbamate	17	I _b
Dursban	EC	Chlorpyriphos-ethyl		135	II
Sumithion	EC	Fénitrothion	Organophosphoré	503	II
Amoul morom	WP	Sumithion +Fénitrothion	Organophosphoré	503	II
Soufre		Soufre			
Tamaron	SL	Métamidophos	Organophosphoré	30	I _b
Thiodan	EC	Endosulfan	Organochloré	80	II
Métaphos	SL	Parathion-ethyl	Organophosphoré	14	I _a
Métofos 600	SL	Métamidophos	Organophosphoré	30	I _b
Soufre				>3000	T.5
Biobit	WP	Bacillus thuringiensis	Insecticide biologique	>4000	T.5
Neemix	SC	Azadirachtine	Insecticide d'origine végétale		T.5

WHO (2004): Classe I-extrêmement/hautement dangereux ; Classe II-Modérément dangereux ; Classe III-légèrement dangereux ; T5- inoffensifs en utilisation normale.

Les produits utilisés sont assez variés et ceux-ci ne représentent qu'un échantillon assez faible de la panoplie des spécialités commerciales recensées au Sénégal. Parmi les matières actives employées, la plupart sont de la classe I_b ($6 < DL_{50}$ chez le rat < 51) et II ($51 < DL_{50}$ chez le rat < 501) et parfois de la classe III ($501 < DL_{50}$ chez le rat < 2000) selon la classification faite par l'OMS [WHO, 2004]. Les familles chimiques sont des organochlorés et notamment l'endosulfan qui est interdit dans plusieurs pays en raison de la persistance de son métabolite principal et de ses méfaits au niveau de la santé humaine, des organophosphorés, des pyréthrinoïdes, des carbamates, des dithiocarbamates, des phénylpyrazoles, des produits composés. L'effet de la plupart d'entre eux sur la santé humaine sont déjà abordés au chapitre 2 [Dési *et al.*, 1998 ; Glynn, 2006 ; Feng *et al.*, 2006 ; Beard, 2006]. Quelques produits de la classe T₅ sont rarement rencontrés, appartenant tous à la catégorie des fongicides. Nous avons parfois observé chez certains, l'utilisation de bioinsecticides à base de plantes ou de produits microbiens.

En zone cotonnière, l'endosulfan est proposé en alternance avec le composé Profénofos-Lambdacyhalothrine aux producteurs de coton par la SODEFITEX pour lutter contre la résistance de l'*Helicoverpa armigera*. Les traitements sont systématiques et établis suivant un planning d'application conçu et supervisé par la SODEFITEX. On peut réaliser au total 7 à 10 traitements durant la campagne.

En zone maraîchère, les produits sont très variés et les traitements ne sont ni contrôlés ni maîtrisés à cause de l'existence de circuits de distribution parallèles, diffus et non maîtrisés.

En ce qui concerne le conditionnement, la taille de l'emballage et le diamètre des ouvertures facilitent le transvasement du produit lors de la préparation du mélange. Ceci constitue un facteur de risque d'exposition (pris en compte dans le modèle britannique). En zone cotonnière, les produits utilisés sont dans des emballages intacts. Les récipients d'une capacité de 5 litres ont un diamètre d'ouverture assez limité pour faciliter le mélange, ce qui est aussi l'avis des applicateurs. En zone maraîchère, les produits sont dans de petits emballages de moins de 1 litre en général (bidons, flacons, sachets), tous faciles à transvaser. Ils sont à plus de 98 % en bon état.

Pour le stockage des pesticides, on observe plusieurs situations.

- En zone maraîchère, les produits sont enterrés (40,7 %), cachés sous les buissons (24%). Ces 2 endroits causent des risques de contamination des écosystèmes. Par ailleurs, chez d'autres, les produits sont gardés dans un local uniquement réservé (18,5 %) ou dans un local avec d'autres produits (7,4 %).
- En zone cotonnière, l'endroit le plus utilisé est la chambre à coucher ou la chambre contiguë à la chambre à coucher ou débarras (38,7 %). Dans ces conditions, les risques d'exposition sont énormes et permanents car la personne vit en présence du produit. S'il s'agit de produits concentrés, les possibilités de vaporisation entraînent une exposition par voie inhalatoire. Quelquefois, les produits sont gardés dans le magasin avec les denrées alimentaires (8 %). Les autres endroits de stockage observés sont : le local uniquement réservé aux produits (9,7 %) et les produits gardés au champ sous les buissons (29 %), dans une termitière (3,2 %), enterrés (1,6 %).

4.4.1.4 Evaluation des mesures de sécurité

a) Le port des EPI (*Equipement de Protection Individuelle*)

Les statistiques des différents types d'Equipement de Protection Individuelle (EPI) observés chez les opérateurs et présentées par les Figures 4.9 et 4.10 montrent une insuffisance en équipements de protection individuelle chez les applicateurs. Dans la zone maraîchère, si les équipements sont observés chez certains applicateurs, le niveau d'équipement reste en général faible. Certains EPI qui doivent être portés manquent à la plupart des applicateurs. Seuls 22,2 % sont équipés de combinaison, 22,2 % de gants, 24 % de masques, 25,9 % de bottes, 22,2 % de casquettes et 5,6 % de lunettes. Dans la zone cotonnière, l'équipement est quasi inexistant et on a observé que 6,5 % portent des gants ; 6,5 % de bottes, 17,7 % de casquettes, 8,1 % de lunettes et 1,6 % de masques. En général, la majorité des applicateurs traitent avec les habits domestiques pantalons et boubous manches longues ou courtes.

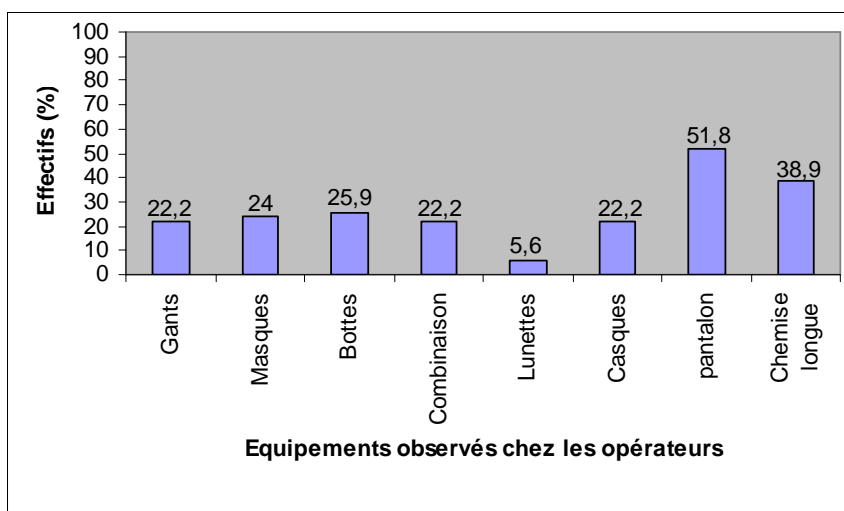


Figure 4.4. : Répartition des EPI chez les opérateurs en zone maraîchère.

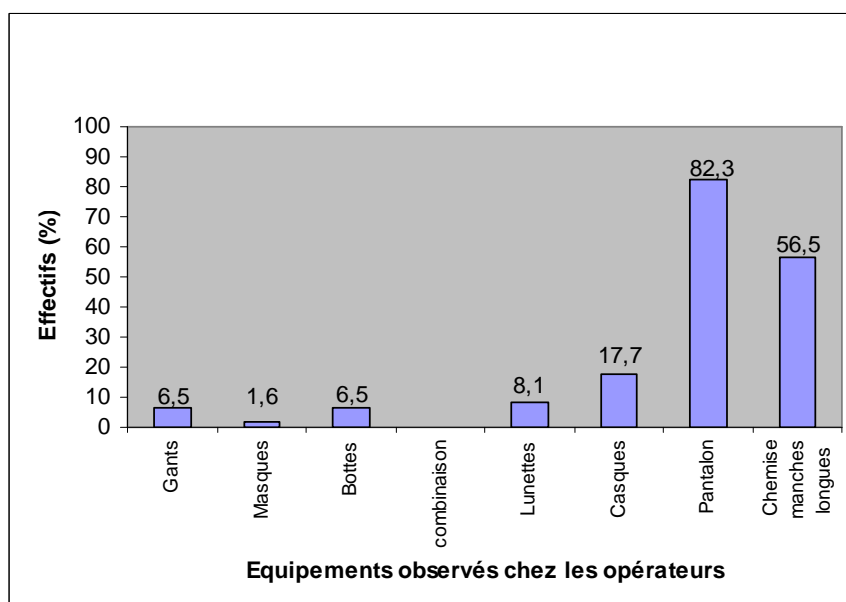


Figure 4.5. : Répartition des EPI chez les opérateurs en zone cotonnière.

Une classification des niveaux de protection des applicateurs dans la zone maraîchère basée sur la simple observation des équipements de protection et de sécurité portés pendant l'application a permis de scinder les opérateurs en 3 groupes selon le niveau de protection (Figure 4.11.) :

- les applicateurs bien protégés c'est-à-dire disposant du set complet (combinaison, bottes, gants, masques chapeau, lunette), ils représentent 5,5 % des applicateurs observés ;

- les applicateurs protégés, ils sont équipés de combinaison, de bottes et gants et représentent 16,7 % de l'effectif ;
- les applicateurs non protégés sont largement majoritaires et constituent les 77,8 %.

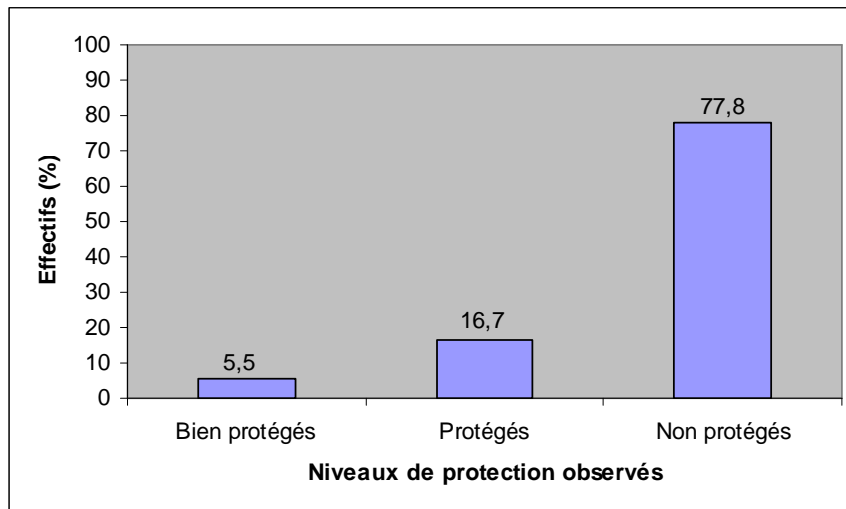


Figure 4.6. : Niveaux de protection en zone maraîchère.

En zone cotonnière, tous les applicateurs observés travaillent sans protection. Interrogés sur les raisons du non-port d'EPI, les applicateurs en zone cotonnière disent que les EPI ne sont pas disponibles à leur niveau (98 %). Tandis qu'en zone maraîchère, la première raison évoquée est le manque de moyens (56 %) suivi du manque de confort (9,3 %).

Les Tableaux 4.4 et 4.5 présentent les résultats des tests de confort et d'acceptabilité de l'équipement « EPI Tropic » dont le questionnaire est joint en Annexe 6. Les scores obtenus sur les caractéristiques de l'équipement montrent une appréciation considérable du niveau de confort de l'équipement de la part des applicateurs. Les caractéristiques de forme sont également très satisfaisantes. Selon les avis recueillis, l'équipement pourrait être adopté par les agriculteurs si on le met à leur portée.

L'équipement est porté par les opérateurs pendant une durée moyenne d'application de $122,85 \pm 35,97$ min en zone maraîchère pour une température moyenne ambiante de $26 \pm 1,5$ °C et une humidité relative $64,4 \pm 11,8$ %HR.

En zone cotonnière, la durée moyenne d'application durant laquelle l'équipement est porté par les opérateurs est de $38,6 \pm 20,2$ min pour une température moyenne ambiante de $29,8 \pm 3,1$ °C et une humidité relative moyenne de $81,18 \pm 12,1$ %HR.

Les prix que les opérateurs ont proposé sur l'EPI testé varient :

- en zone maraîchère de [3 à 30,5 Euros] et le prix moyen est de 13,6 Euros soit 8960 FCFA ;
- en zone cotonnière [1,5 à 19 Euros] et le prix moyen est de 7,2 Euros soit 4700 FCFA.

Tableau 4.4. : Présentation des scores obtenus des tests EPI en zone maraîchère.

AVIS DES UTILISATEURS		TOUT A FAIT D'ACCORD		D'ACCORD		PLUTOT D'ACCORD		PAS D'ACCORD		PAS D'AVIS	
		Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%
Confort aux applications	Préparation	20	100								
	Application	20	100								
	Nettoyage	20	100								
Confort aux mouvements	Bouger les bras	20	100								
	Bouger la tête	20	100								
	Marcher	20	100								
Confort thermique	Chaleur pendant l'application							20	100		
	Transpiration							20	100		
Confort par rapport aux usages antérieurs		16	80	4	20						
Confort à enlever		16	80	4	20						
Caractéristiques de forme	Préfère une combinaison	7	35								
	Préfère un séparé	13	65								
	Préfère des attaches	19	95								
	Préfère les boucles	1	5								
	Préfère casquette	8	40							3	15
	Préfère la capuche	9	45							3	15
Caractéristiques de couleur		14	70	6	30						
Avis sur la protection équipement	Bon	20	100								
	Moyen	0	0								
	Mauvais	0	0								
Avis sur la protection casquette	Bon	20	100								
	Moyen	0	0								
	Mauvais	0	0								
Avis sur utilisation ultérieure	Préparation	15	75	5	35						
	Application	15	75	5	35						
	Temps frais seulement							20	100		

Tableau 4.5. : Présentation des scores obtenus des tests EPI en zone cotonnière.

AVIS DES UTILISATEURS		TOUT A FAIT D'ACCORD		D'ACCORD		PLUTOT D'ACCORD		PAS D'ACCORD		PAS D'AVIS	
		Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%	Réponses/20	%
Confort aux applications	Préparation	20	100								
	Application	20	100								
	Nettoyage	20	100								
Confort aux mouvements	Bouger les bras	20	100								
	Bouger la tête	20	100								
	Marcher	20	100								
Confort thermique	Chaleur pendant l'application							20	100		
	Transpiration							20	100		
Confort par rapport aux usages antérieurs		20	100								
Confort à enlever		20	100								
Caractéristiques de forme	Préfère une combinaison	4	20								
	Préfère un séparé	16	80								
	Préfère des attaches	20	100								
	Préfère les boucles	0	0								
	Préfère casquette	6	30								
	Préfère la capuche	14	70								
Caractéristiques de couleur		19	95							1	5
Avis sur la protection équipement	Bon	20	100								
	Moyen	0	0								
	Mauvais	0	0								
Avis sur la protection casquette	Bon	20	100								
	Moyen										
	Mauvais										
Avis sur utilisation ultérieure	Préparation	20	100								
	Application	20	100								
	Temps frais seulement							20	100		

b) Les imprudences

Les imprudences observées durant les traitements phytosanitaires et présentées par les Figures 4.12 et 4.13 montrent que l'exposition par voie dermique pourrait être la plus fréquente chez les applicateurs en zone maraîchère et cotonnière.

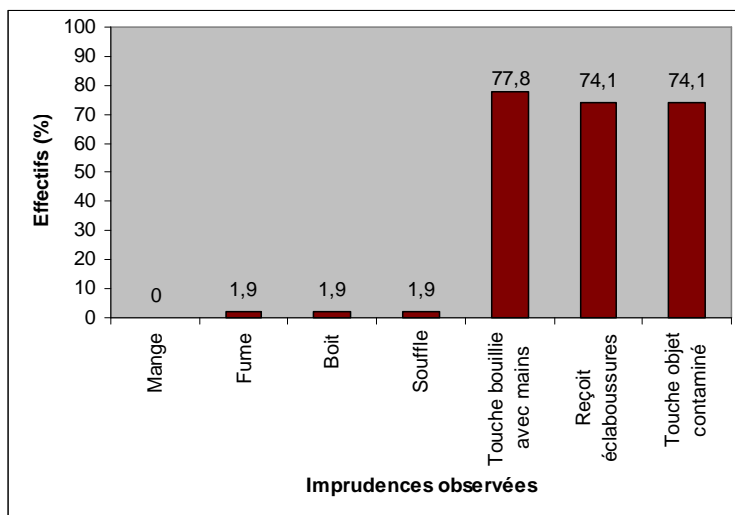


Figure 4.7. : Fréquence des types d'imprudence observés en zone maraîchère.

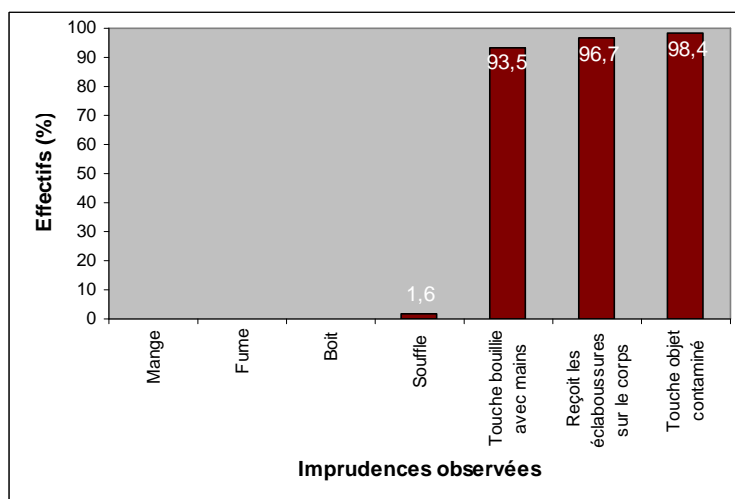


Figure 4.8. : Fréquence des types d'imprudence observés en zone cotonnière.

La contamination se fait durant la manipulation et il s'agit des opérateurs qui touchent la bouillie avec les mains nues (77,8 % en zone maraîchère et 93,5 % en zone cotonnière), qui reçoivent les éclaboussures (74,1 % en zone maraîchère et 96,7 % en zone

cotonnière) ou qui touchent un objet contaminé (74,1 % en zone maraîchère et 98,4 % en zone cotonnière).

D'autres imprudences, rarement observées, peuvent exposer les opérateurs à une contamination par voie orale. Elles concernent des personnes qui mangent, boivent ou fument sans se laver les mains (2 % en zone maraîchère) ou qui soufflent la buse (2 % en zone maraîchère et 1,6 % en zone cotonnière).

Il est également noté, qu'en zone maraîchère, la plupart des applicateurs ayant des bottes ont mis les jambes de leur pantalon à l'intérieur de la chaussure (71,4 %). Ce qui est un facteur de risque dans la mesure où le produit peut pénétrer dans la chaussure.

c) Le lavage après le travail

Les Tableaux 4.6 et 4.7 présentent les lavages effectués par les populations suivies.

Tableau 4.6. : Les lavages immédiatement observés après traitement et les effectifs de la population observés en zone maraîchère.

Opérations	Effectif (sur un total de 54 observations)	Pourcentage
Lavage des mains uniquement	14	26 %
Lavage du corps	4	7 %
Pas de lavage	36	67 %

En zone maraîchère, 26 % se lavent seulement les mains à la fin des travaux et 7% se font un lavage complet du corps immédiatement. Seuls 9 % des opérateurs changent immédiatement leur vêtement après l'application.

Tableau 4.7. : Les lavages immédiatement observés après traitement et les effectifs de la population observés en zone cotonnière.

Opérations	Effectif (sur un total de 62 observations)	Pourcentage
Lavage des mains uniquement	5	8 %
Lavage du corps	0	0
Pas de lavage	57	92 %

En zone cotonnière, le lavage ne se fait presque pas après le travail. Seuls 8 % des opérateurs observés se lavent uniquement les mains immédiatement après les opérations.

4.4.1.5 Evaluation des conditions météorologiques

Durant l'application des produits phytosanitaires, la température et l'humidité interviennent dans le processus d'évaporation des produits mais également sur l'absorption par voie dermique [Wim *et al.*, 1997], tandis que le vent a des effets sur la répartition du produit (efficacité du traitement) et contamination de l'opérateur et des écosystèmes. En somme, les conditions atmosphériques sont des facteurs de risques de contamination.

Avec la canne à pulvérisation centrifuge comme indiqué plus haut, les vitesses de vent admises se situent entre 1 et 4 m/s. En-deçà, le produit n'atteint pas la cible et l'applicateur se contamine lui-même. Au-delà, le produit est transporté hors de la cible. Les conditions atmosphériques relevées pendant les applications sont :

- en zone maraîchère, la température moyenne de $27,1 \pm 3$ °C, l'humidité relative est de $57 \pm 10,2$ %HR et la vitesse moyenne du vent de $1,5 \pm 0,7$ m/s ;
- en zone cotonnière, la température moyenne de $29,7 \pm 2,2$ °C, l'humidité relative de $71,9 \pm 9,3$ %HR et la vitesse moyenne du vent est égale à $0,79 \pm 0,3$ m/s.

Par ailleurs, la position de l'applicateur par rapport au vent a un effet sur les risques de contamination. Avec la canne, les applications se font toujours avec un vent latéral (excepté lors des changements de direction de vent, qui sont instantanés et non maîtrisés). Avec la pulvérisation à dos, plusieurs positions par rapport au vent sont observées chez les applicateurs et présentées par la Figure 4.14. La position face au vent qui présente plus de risque est observée sur 9,2 % des applicateurs. Compte tenu de la variabilité de la direction du vent durant l'application, plus de 11 % des applicateurs travaillent face et dos au vent au cours de la même application.

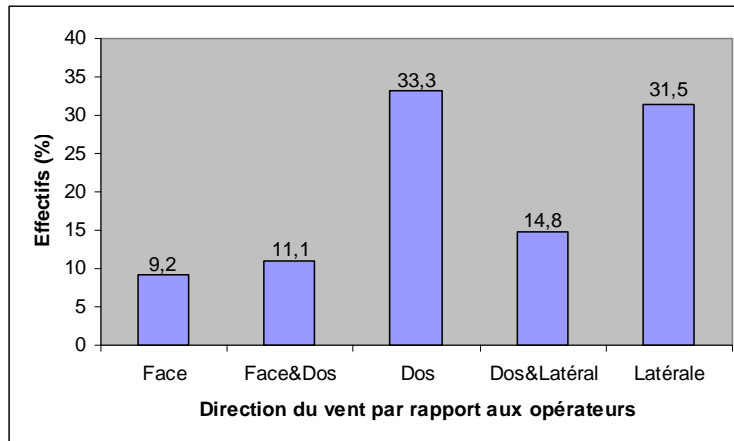


Figure 4.9. : Positions observées chez les opérateurs par rapport à la direction du vent en zone maraîchère.

4.4.2 Scénarios de travail et paramètres mesurés

4.4.2.1 Scénarios de travail rencontrés sur le terrain

Les hauteurs de pulvérisation mesurées sur le terrain et présentées au Tableau 4.8 montrent que nous avons des applications sur cultures basses en zone maraîchère et de la pulvérisation en hauteur effectuée sur cotonnier avec la canne à pulvérisation centrifuge.

Les produits utilisés sont à 100 % sous forme liquide (concentrés émulsionnables) en zone cotonnière et à 94 % en concentrés émulsionnables et suspensions concentrées en zone maraîchère.

Suite à ces mesures et observations, deux scénarios de pulvérisation sont retenus pour ce travail.

Scénario 1 : Le traitement manuel réalisé avec de petits pulvérisateurs à dos sur culture basse dont la hauteur maximale ne dépasse pas 100 cm. Avec ces appareils, le volume de la cuve n'excède pas 20 litres.

Scénario 2 : Le traitement manuel avec pulvérisateur centrifuge à main en hauteur. La hauteur d'application est comprise entre 100 cm et 150 cm. Avec ces appareils, le volume du réservoir

auxiliaire est de 5 litres et il alimente un réservoir de base de 1 litre. Le jet est très fin (brouillard).

Tableau 4.8. : Hauteurs de pulvérisation en centimètre pour les scénarios envisagés.

Variabes	N	Moyenne	E-type	Min	Max	Médiane	25^{ème} percentile	75^{ème} percentile
Pulvérisation à dos	54	41,54	18,06	10	90	42,50	21,25	54,50
Canne centrifuge	62	136,95	17,07	85	150	147,50	130	150

4.4.2.2 Les paramètres obtenus pour les deux scénarios

a) Le temps de préparation (en minutes)

Le Tableau 4.9 présente les temps de préparation mesurés et ceux obtenus par enquêtes pour les deux scénarios.

Tableau 4.9. : Temps de préparation pour les scénarios envisagés (min).

Scénario	Mode de collecte	Nombre de réponses	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique	Médiane	75^{ème} percentile	90^{ème} percentile	Worst case
Scénario 1	Enquêtes	43	7,15	4,50	3	10	20	30
	Mesures	54	11,29	8,85	8,49	12,81	20	38
Scénario 2	Enquêtes	50	5,60	5,24	6	6	8	12
	Mesures	55	4,48	3,87	5,24	5,25	9,09	11,31

b) Temps de pulvérisation (heures)

Ils sont présentés au Tableau 4.10.

Tableau 4.10. : Temps de pulvérisation pour les scénarios envisagés (heures).

Scénario	Mode de collecte	Nombre réponses	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique	Médiane	75 ^{ème} percentile	90 ^{ème} percentile	Worst case
Scénario 1	Enquêtes	43	1,94	1,74	2	2,50	3	4
	Mesures	54	1,66	1,43	1,60	2,15	2,54	3,23
Scénario 2	Enquêtes	50	2,08	1,83	2	2,87	4	5
	Mesures	62	0,66	0,53	0,43	0,82	1,40	2,21

c) Temps de rinçage (minutes)

Le Tableau 4.11 présente les temps mesurés.

Tableau 4.11. : Temps de rinçage pour les scénarios envisagés (min).

Scénario	Mode de collecte	Nombre réponses	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique	Médiane	75 ^{ème} percentile	90 ^{ème} percentile	Worst case
Scénario 1	Mesures	43	7,38	4,86	3,21	10,12	20	30
Scénario 2	Mesures	6	6,78	6,21	6,22	8,21	10,07	11,55

d) Surface traitée (ha)

L'estimation des surfaces traitées est présentée au Tableau 4.12.

Tableau 4.12. : Surfaces journalières traitées (ha).

Scénario	Mode de collecte	Nombre réponses	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique	Médiane	75 ^{ème} percentile	90 ^{ème} percentile	Worst case
Scénario 1	Enquêtes	43	0,86	0,66	0,50	1,25	1,50	4
	Mesures	54	0,30	0,21	0,25	0,50	0,50	0,75
Scénario 2	Enquêtes	50	1,27	1,11	1	1,50	2,50	3
	Mesures	62	0,52	0,43	0,37	0,75	1	1,75

e) Volumes épandus (l/ha)

Les volumes de bouillie épandus sont présentés au Tableau 4.13.

Tableau 4.13. : Volumes de bouillie épandus pour les scénarios envisagés (litres/ha).

Scénario	Mode de collecte	Nombre réponses	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique	Médiane	75 ^{ème} percentile	90 ^{ème} percentile	Worst case
Scénario 1	Mesures	54	329,89	248,43	247,14	335,30	579,90	1577,92
Scénario 2	Mesures	62	9,36	9,04	9,30	10,31	11,73	18,15

4.4.3 Confrontation des résultats aux paramètres des modèles européens de calcul d'exposition

Les valeurs obtenues dans cette étude pour les deux scénarios sont comparées aux valeurs prises en comptes par les modèles. Pour rappel, dans les modèles européens les critères retenus sont basés sur la moyenne géométrique, la médiane, le 75^{ème} percentile, le 90^{ème} percentile ou le cas le plus défavorable (Worst case) des données disponibles.

4.4.3.1 Le temps de préparation

Pour rappel, le temps de préparation est le cumul des mesures de tous les chargements réalisés. Dans les modèles européens, le temps de préparation est par défaut fixé à 1 h/jour (excepté le modèle allemand qui se fixe un délai court). Les temps les plus défavorables mesurés pour nos 2 scénarios sont :

- Scénario 1 : 38 minutes ;
- Scénario 2 : 11,31 minutes.

Ces valeurs semblent réalistes pour des applications effectuées avec des petits appareils manuels à dos et à canne centrifuge et sont donc inférieures à celles proposées par les modèles européens.

4.4.3.2 Le temps de pulvérisation

Elle est fixée par défaut à 6 heures/jour dans les modèles européens. Toutefois, le modèle britannique offre la possibilité de modifier ce paramètre. Les mesures faites pendant la pulvérisation donnent des valeurs maximales de 3,23 heures en *scénario 1* et, 2,21 heures avec le *scénario 2* ; ce qui semble réaliste en terme de capacité et d'effort à fournir pendant une journée de travail chez un adulte, dans ces conditions de travail. Pour les deux scénarios évoqués, les valeurs obtenues ou mesurées sont inférieures à celles des modèles européens.

4.4.3.3 Le temps de rinçage

Les modèles européens ne mentionnent pas séparément la phase de rinçage, mais la mesure de l'exposition pendant l'application tient certainement en compte l'exposition qui a lieu lors du rinçage. Durant les mesures effectuées sur le terrain, le temps de rinçage le plus élevé est de 30 min et il est obtenu avec le *scénario 1*. En zone cotonnière, très peu d'opérateurs font le rinçage immédiatement après la pulvérisation et le temps maximum mesuré est de 11,55 min.

4.4.3.4 La surface pulvérisée

Les valeurs peuvent être sélectionnées par défaut dans les modèles allemand et britannique. Tandis que dans le modèle néerlandais, cette valeur reste fixe suivant le type d'application envisagé. Dans ce travail, les superficies maximales traitées sont les suivantes.

En zone maraîchère (*scénario 1*), elle est en moyenne de 0,75 ha/jour. Cette valeur mesurée est approximativement égale à celle des modèles européens.

En zone cotonnière (*scénario 2*), elle est en moyenne égale à 1,75 ha/jour.

4.4.3.5 Conditionnement et formulation

Ce travail est réalisé en culture maraîchère (cultures au sol) avec pulvérisation à dos et sur culture cotonnière (culture moyenne à haute) avec la canne à pulvérisation centrifuge. Le conditionnement est seulement pris en compte par le modèle britannique et n'a pas été pris en compte dans ce travail.

Les formulations prises en compte dans les modèles européens sont les SC, EC, WP et WG. Dans ce travail, la formulation la plus rencontrée est la formulation EC pour laquelle l'exposition se fait principalement par voie dermique. En zone cotonnière, le risque inhalatoire pourrait être important à cause du mode de génération des particules sous forme de brouillard par la canne centrifuge.

4.5 CONCLUSION

Les observations effectuées sur terrain au Sénégal montrent que les risques de contamination des opérateurs sont très importants au Sénégal. Ceci est lié à la conjonction de divers facteurs.

- Les niveaux de formation en langues et la connaissance des informations figurant sur les étiquettes et leur prise en compte par les applicateurs sont très faibles. Les populations

ayant répondu correctement à la lecture des pictogrammes sont de 23,2 % en zone maraîchère et 6 % en zone cotonnière.

- Les produits utilisés appartiennent pour la plupart aux classes de produit extrêmement toxiques à légèrement dangereux et leurs effets sont ignorés par les opérateurs.
- Les mesures de sécurité sont quasi-inexistantes pendant, après le travail et même durant le stockage. A cet effet, les niveaux de protection observés sont très faibles : 77,8 % des opérateurs observés en zone maraîchère sont non protégés ; en zone cotonnière, tous les opérateurs sont non protégés.

Les mesures et observations réalisées en zones maraîchère et cotonnière ont permis de dégager deux principaux scénarios de pulvérisation.

- **Scénario 1** : le traitement manuel réalisé avec pulvérisateur à dos sur culture basse. La hauteur d'application maximale obtenue avec ce scénario sur le terrain est de 90 cm et la hauteur moyenne est de $41,5 \pm 18$ cm. Le volume moyen de la cuve portée par l'opérateur n'excède pas 20 litres. Cette technique de traitement est utilisée pour tous les types de traitements (insecticide, fongicide, herbicides) et pour toutes les formulations (EC, SC, WG, WP, SL). Avec ce scénario de travail, la surface journalière traitée par un opérateur ne dépasse pas 1 ha. Sur le terrain, la surface maximale journalière traitée par un opérateur est de 0,75 ha/jour. Ce type d'appareil est généralement utilisé pour le maraîchage surtout chez les petits et moyens exploitants.
- **Scénario 2** : le traitement manuel à la canne à pulvérisation centrifuge. Le volume du réservoir auxiliaire ou nourrice (alimenté par gravité le réservoir de base de 1 litre, situé en tête de pulvérisation) porté par l'opérateur sur le dos ne dépasse pas 5 litres. Avec ce type d'appareil, le jet est très fin (brouillard). La formulation est constituée de bouillie mélangée à de l'eau (très bas volume) ou huileuse (ultra bas volume). Avec ce scénario, la hauteur minimale d'application est de 50 cm. Sur le terrain, les hauteurs d'application sont comprises entre 85 et 150 cm avec une moyenne de $136,9 \pm 17$ cm. La superficie journalière maximale traitée par un opérateur est de 1,75 ha. Le volume moyen de bouillie appliquée est de 9,36 l/ha et le volume théorique circonscrit par le constructeur en très bas volume est de 10 l/ha. Au Sénégal, ce type d'appareil est exclusivement rencontré en zone cotonnière.

Les mesures réalisées sur le terrain ont permis d'obtenir les *valeurs* de : la moyenne arithmétique, la moyenne géométrique, la médiane, le 75^{ème} percentile, le 90^{ème} percentile et le worst case pour les *paramètres* liés à la préparation, à l'application et même au rinçage des appareils de traitement : temps de préparation, temps d'application, temps de rinçage, surfaces traitées, volumes appliqués,...