

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SÉCURITÉ ET HYGIÈNE INDUSTRIELLES

PAR  
ENRIQUE JUÁREZ

L'ÉVALUATION DU RISQUE D'EXPOSITION PROFESSIONNEL AUX  
PESTICIDES

JUILLET 2018

## DÉDICACE

Je dédie ce travail à la mémoire de mon père Andrés Teodosio, à ma chère mère Angela Bernardina, à ma petite fille Sandra-Isabel et à mon cher neveu Johao.

## REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier le Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec pour le soutien financier accordé pour la réalisation de mon projet d'études à travers le programme de bourses d'exemption des droits de scolarité supplémentaires du Québec. Je remercie aussi l'Université du Québec à Trois Rivières de m'avoir accueilli dans le programme de maîtrise en sécurité et hygiène industrielles.

Je voudrais également remercier mon directeur de recherche, M. Pierre Dessureault, pour son soutien, engagement et aide inestimable tout le long de la réalisation de mon essai. J'aimerais aussi offrir mes sincères remerciements à M. Jacques Lavoie et M. Ludovic Tudori de l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST) ainsi que M. Samuel Onil de l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ) pour avoir mis à ma disposition leurs recherches et connaissances spécialisées, lesquelles ont contribué grandement au développement de cet essai.

Merci aussi aux ingénieurs agricoles du Service Nationale de Santé Agraire (SENASA) du Ministère d'Agriculture du Pérou pour leur participation ainsi que toutes les personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à la réalisation de mon travail de recherche.

Enfin, je désire remercier infiniment ma mère Angela et mon décédé père Teodosio pour leur effort consacré à mon éducation. Je souhaite remercier Irina, ma conjointe, pour ses encouragements tout au long de ce travail intellectuel intense et spécialement Sandra-Isabel, ma petite fille qui, sans le savoir, est la source d'où naît ma force intérieure.

## RÉSUMÉ

Le but du présent travail est d'évaluer quantitativement et catégoriser qualitativement le risque d'exposition professionnelle aux pesticides en milieu agricole par la méthode de la gestion graduée du risque GGR. À cet effet, la GGR rend possible d'évaluer le risque d'exposition aux pesticides à partir de la caractérisation des variables en jeu, soit la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence.

La revue de littérature a permis de caractériser autant la sévérité de l'exposition que la probabilité d'occurrence. Ainsi, la sévérité de l'exposition dépend du type de pesticide, de la formule, des techniques d'application, du type d'activité et de l'utilisation des EPP. La probabilité d'occurrence dépend du nombre d'acres traités, du mélange de pesticides et de la quantité d'ingrédients actifs de pesticides utilisés.

En appliquant la méthode de la GGR, l'évaluation quantitative du risque résulte à allouer et additionner des poids aux variables qui caractérisent le risque d'exposition basé sur l'opinion des experts ainsi que sur la littérature scientifique. L'évaluation qualitative du risque résulte à allouer une qualification qualitative par bandes de risque au résultat de l'évaluation quantitative de la sévérité de l'exposition et de la probabilité d'occurrence.

Les poids des variables en jeu ont été obtenus des résultats d'un premier questionnaire administré à quatre experts en hygiène industrielle du milieu agricole. Un deuxième questionnaire a été administré à 22 observateurs agricoles à Huaral, Lima, Pérou visant à évaluer le profil de risque d'exposition aux pesticides des agriculteurs consacrés à la culture des pommes de terre.

Alors, la précision du résultat de l'évaluation quantitative du risque dépendra de la pertinence d'une part, du choix des variables qui caractérisent la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence et d'autre part, des poids alloués à celles-ci par les experts.

Par ailleurs, la précision du résultat de l'évaluation qualitative du risque augmentera en proportion au nombre de catégories allouées autant à la sévérité de l'exposition qu'à la probabilité d'occurrence.

La GGR a été appliquée avec succès dans divers secteurs tels que pétrolier, nanotechnologie, construction et santé (Hashimoto et al., 2007), (Zalk et al., 2009), (Zalk et al., 2011) et (Lavoie et al., 2013). Ces résultats nous amènent alors à penser la pertinence d'appliquer la GGR dans l'évaluation du risque d'exposition professionnelle aux pesticides.

Les résultats montrent que selon les poids alloués par M. Onil et Ludovic, la valeur quantitative moyenne du risque d'exposition a été de 526.87 avec un I.C. à 95% (480.56, 573.17); cela correspond à une catégorisation qualitative du risque considérée élevée. Par contre, en utilisant les poids alloués aux variables d'exposition par M. Lavoie, la valeur quantitative moyenne du risque d'exposition a été de 374.32 avec un I.C. à 95% (335.69, 412.96) ; à cette valeur quantitative correspond une catégorisation qualitative du risque considérée de niveau modéré.

Les résultats de l'analyse statistique montrent que la différence de valeurs moyennes du risque d'exposition entre l'évaluation quantitative par les poids alloués par M. Onil et Ludovic versus les poids alloués par M. Lavoie a été de 152.5 avec un I.C. à 95% (93.9, 211.1).

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iii
RÉSUMÉ .....	iv
TABLE DES MATIÈRES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES SYMBOLES, SIGLES ET ACRONYMES.....	xi
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 1: ETAT DES CONNAISSANCES .....	2
1.1. La recension des écrits.....	2
1.1.1. Les études sur la construction des matrices de risque .....	2
1.1.2. Les études sur la gestion graduée du risque (GGR) .....	4
1.1.3. Les études sur la classification des pesticides .....	8
1.1.4. Les études sur l'évaluation de l'exposition .....	13
1.1.5. Les études sur les interventions pour réduire l'exposition .....	25
1.1.6. Les études sur la gestion du risque des pesticides.....	31
1.1.7. Étude du cas au Pérou.....	36
1.2. L'état des connaissances.....	43
CHAPITRE 2 : CONCEPTUALISATION DU PROBLÈME.....	46
2.1. La problématique.....	46
2.2. Question générale de recherche .....	47
2.3. Le but de la recherche.....	47
2.4. Les objectifs spécifiques de recherche .....	47
2.5. Problématique spécifique de recherche .....	48
2.6. Hypothèses générale de recherche.....	48
2.7. Hypothèses spécifiques de recherche .....	48
CHAPITRE 3 : LA METHODOLOGIE.....	50
3.1. La gestion graduée du risque .....	50
3.2. La collecte de données.....	50

3.3. Les participants.....	51
3.4. L'échantillon.....	51
3.5. Les variables de la sévérité de l'exposition.....	52
3.6. Les variables de la probabilité d'occurrence.....	57
3.7. L'échelle de l'intervalle des variables du risque d'exposition.....	59
3.8. L'évaluation quantitative du risque.....	60
3.9. La catégorisation qualitative du risque.....	61
CHAPITRE 4 : LES RÉSULTATS, ANALYSE ET DISCUSSION.....	62
4.1. Le profil de risque des agriculteurs à Chancay-Huaral.....	62
4.2. L'évaluation quantitative du risque.....	65
4.3. L'évaluation qualitative du risque.....	70
4.4. La matrice de risque.....	74
CHAPITRE 5 : CONCLUSION.....	75
RÉFÉRENCES.....	78
ANNEXE A.....	84
ANNEXE B.....	107
ANNEXE C.....	119
ANNEXE D.....	138
ANNEXE E.....	140

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Classification des pesticides par sévérité selon l’OMS.....	8
Tableau 1.2 : Types d'effets des mélanges de pesticides .....	24
Tableau 1.3 : Tableau de toxicité aigüe des pesticides selon l'EPA .....	34
Tableau 1.4 : Toxicité aigüe selon l'EPA (effets dans les yeux et sur la peau).....	34
Tableau 1.5 : Tableau de toxicité aigüe des pesticides selon l'OMS .....	35
Tableau 1.6 : Tableau de classification des pesticides selon l'IARC .....	36
Tableau 1.7 : Tableau synthèse de la recension des écrits .....	42
Tableau 3.1 : Les ingrédients actifs les plus utilisés pour la production des pommes de terre .....	52
Tableau 3.2 : Classification fonctionnelle des pesticides.....	53
Tableau 3.3 : Formule physique du produit .....	54
Tableau 3.4 : Type d'équipement ou méthode d'application .....	55
Tableau 3.5 : Type d'activité développée au moment de l'exposition.....	56
Tableau 3.6 : Types d’EPP.....	57
Tableau 3.7 : Classification de la taille de cultures traitées avec pesticides à la vallée de Chancay – Huaral .....	58
Tableau 3.8 : Consommation d'ingrédients actifs .....	59
Tableau 3.9 : Échelle de l'intervalle de la sévérité et probabilité.....	60
Tableau 3.10 : Échelle de risque de l'exposition aux pesticides .....	61
Tableau 4.1 : Résultats quantitatifs de la sévérité, la probabilité et du risque d’exposition (M. Onil et Ludovic).....	65
Tableau 4.2 : Résultats quantitatifs de la sévérité, la probabilité et du risque d’exposition (M. Lavoie) .....	66
Tableau 4.3 : Test t-student.....	69
Tableau 4.4 : Les résultats qualitatifs obtenus par les poids d’Onil et Ludovic .....	70
Tableau 4.5 : Dénombrement des valeurs de la catégorisation qualitative .....	71

Tableau 4.6 : Les résultats qualitatifs obtenus par les poids de M. Lavoie.....	72
Tableau 4.7 : Dénombrement des valeurs de la catégorisation qualitative .....	73

## LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Matrice de risque d'exposition aux pesticides.....	61
Figure 4.1 : Résumé statistique du risque d'exposition par M. Onil et Ludovic .....	67
Figure 4.2 : Résumé statistique du risque d'exposition par M. Lavoie.....	68
Figure 4.3 : La boîte à moustaches comparativement au risque d'exposition .....	68
Figure 4.4 : La matrice de risque .....	74

## LISTE DES SYMBOLES, SIGLES ET ACRONYMES

ACRE_TREATED	Nombre total d'unités (acres) sur lequel le pesticide a été appliqué
ACTEXPIND	Type d'activité ou tâche développée au moment de l'exposition
ADI	Acceptable Daily Intake
IARC	International Agency for Research on Cancer
ARfD	Acute Reference Dose
AHS	Agricultural Health Study
CAS	Chemical Abstracts Service - registry number
CCHST	Centre Canadien d'Hygiène et de Sécurité au Travail
CL50	Concentration létale
CR	Gants chimiquement résistants
CRAAQ	Le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
DL50	Dose létale
EPA	Environmental Protection Agency
EPP	Équipements de protection personnelle
EPR	Équipements de protection respiratoire
EQUIPMEN	Type d'équipement ou la méthode d'application
FCP	Facteur de compensation
FP	Facteur de pénétration
FPf	Facteur du type de formule
FPer	Facteur de persistance et bioaccumulation
FORM	Formule physique du produit
FUNCLAS	Classification fonctionnelle des pesticides
GGR	Gestion Graduée du Risque
GHS	Globally Harmonized System
HSE	Health and Safety Executive

INEI	Institut National de Statistiques et Informatique
IRPeQ-santé	Indicateur de Risque des Pesticides du Québec
IRE	Indice de risque pour l'environnement
IRS	Indice de risque pour la santé
IRf	Indice de risque pour la préparation commerciale
IRi	Indice de risque pour le produit actif
IRa	Indice de risque par l'application
IRx	Indice de risque normalisé
IRT	Indice de risque toxicologique de la matière active
IRS	Indice de risque pour la santé
ISQ	Institut de la Statistique du Québec
ISO	International Organization for Standardization
IPM	Integrated Pest Management
MCA	Mélange, charge et application
MDDELCC	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques
NOAEL/NOEL	No-Observed-Adverse-Effect-Level ou No-Observate-Effect-Level
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NMIX	Nombre de mélanges des pesticides
OELs	Occupational Exposure Limits
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PHED	Pesticide Handlers Exposure Database
PME	Petites et moyennes entreprises
POUNDS AI	Livre de l'ingrédient actif par acre appliqué
PPETYPE	Types de PPE
RfD	Dose de référence
SAGÉ	Outil d'information sur les risques pour la Santé et l'Environnement

SENASA	Service Nationale de Santé Agraire
TVS	Total Visual Score
VLE	Valeurs Limites d'Exposition
UK OH&S	UK Occupational Health and Safety
WHO	World Health Organization

## INTRODUCTION

Au Pérou, en moyenne, 2000 cas d'intoxication aiguë par pesticides sont rapportés à travers divers centres hospitaliers entre les années 2012-2014 (Ministère de Santé 2015. Boletín Epidemiológico Vol.24 S.E. N° 39, p.791). Les effets peuvent inclure l'irritation cutanée ou oculaire, les maux de tête (céphalées), les nausées, les vomissements, les étourdissements, la fatigue et la perte d'appétit. Les pesticides sont classés comme des herbicides, insecticides, fongicides, bactéricides et rodenticides en fonction de leur cible ou problème à envisager.

La plupart des pesticides au Pérou sont utilisés sur la côte à Ancash, Piura, La Libertad et Lima ; ainsi, 67% des agriculteurs utilisent des insecticides chimiques, 55% des herbicides, 52% des fongicides et 12% utilisent des insecticides non chimiques ou biologiques. Les principales cultures sont le café (10.2%), les pommes de terre (8.8%), le maïs jaune dur (6.3%), le maïs amylicé (5.8%) et le riz (4.3%) de la surface cultivée (chiffres de l'Institut National de Statistiques et Informatique (INEI) - IV Recensement Nationale Agricole 2012). De plus, 83.4% des intoxications aiguës par pesticides sont concentrées à Lima, Arequipa, Junin et Piura à cause de l'application des insecticides, notamment des organophosphorés et carbamates (Nayhua L, 2015).

Le présent travail porte sur la gestion du risque de manutention et utilisation des pesticides en milieu agricole par la méthode de la gestion graduée du risque (GGR). Cette méthodologie permet d'évaluer et de catégoriser le risque d'exposition aux pesticides. Après avoir discuté de façon générale les inconvénients d'utiliser les pesticides, cet essai présentera l'état des connaissances pour la conceptualisation du problème à envisager. Ensuite, il abordera la méthodologie de la GGR à partir de l'étude des facteurs de probabilité et sévérité de l'exposition en jeu, suivi de la description et l'analyse des résultats. Finalement, il suivra les conclusions et recommandations pour les recherches futures.

## CHAPITRE 1: ETAT DES CONNAISSANCES

### 1.1. La recension des écrits

#### 1.1.1. Les études sur la construction des matrices de risque

**Woodruff (2005)** présente une analyse de la méthodologie pour l'évaluation du risque, utilisée par «UK Occupational Health and Safety (UK OH&S)» (Health and Safety Executive (HSE, 2000, p. 346). Selon cette dernière, les décisions sont presque toujours influencées par la conséquence du fait plutôt que sur une analyse globale du risque (HSE, 1996, p. 346). Les conséquences dérivées d'un accident ou d'une maladie occupationnelle sont des faits tangibles et réels. Par contre, la probabilité de souffrir d'un accident ou d'une maladie est une idée abstraite et difficile à décrire (British Standards Institute, 1997, p. 346). La méthodologie utilisée par l'UK OH&S pour la gestion du risque présente une matrice de deux axes, soit la sévérité de la conséquence et la probabilité d'occurrence d'un accident ou une maladie occupationnelle. Alors, le risque peut être calculé à partir de ces deux variables comme suit:

$$R = S \times P \text{ où}$$

R = C'est le risque

S = C'est la sévérité de la conséquence et

P = C'est la probabilité d'occurrence d'un accident ou d'une maladie occupationnelle

Graphiquement, la matrice montre une zone tolérable de risque où la valeur des limites supérieure et inférieure permet de définir trois zones différenciées, soit : «Acceptable», «Tolérable» ou «Inacceptable».

En conclusion, sous cette méthodologie, il n'est pas nécessaire de calculer une valeur précise pour le risque. Toutefois, il existe toujours la possibilité que les résultats de

l'évaluation du risque tombent dans la zone tolérable dû à ce qu'il n'existe pas une méthode objective pour déterminer les limites.

**Anthony Cox (2008)** analyse les limitations logiques et mathématiques des matrices de risque comme source d'information pour la prise de décisions ainsi que pour la définition des priorités d'intervention. La première limitation est le type de corrélation existant entre la probabilité et la sévérité. Si la corrélation est positive, alors les matrices de risque sont utiles pour la prise des décisions. Si elle est négative, la prise de décisions peut être pire qu'inutile (Cox et Popken, 2007, p. 500). Par exemple, dans une matrice de 2x2, si les paires de valeurs (probabilité, conséquence) sont négativement corrélées, alors les valeurs du risque seraient sur la diagonale définie par les points (0,1) et (1,0); donc, toutes les valeurs du risque seraient cataloguées comme moyennes. La deuxième limitation est la faible consistance entre les résultats qualitatifs et quantitatifs du risque, c'est-à-dire que si la consistance est forte, il doit toujours exister une correspondance entre la valeur quantitative la plus élevée et la valeur qualitative du plus haut risque. («consistent coloring»). De plus, une petite augmentation dans la fréquence et sévérité ne doit pas occasionner un grand saut de la plus basse à la plus haute catégorie de risque sans passer à travers une catégorie intermédiaire («betweenness»).

Les résultats montrent que les matrices de risque ne sont pas nécessairement le meilleur outil pour la prise de décisions. Il n'existe pas une méthode objective pour catégoriser la sévérité des événements. Toutefois, les matrices de risque sont utiles s'il est possible de définir les conditions sous lesquelles les décisions sont prises.

**Ni, Chen, et Chen (2010)** ont mené une étude ayant pour but l'évaluation du risque par la méthode semi quantitative des matrices de risque ainsi que leurs variations typiques. Selon la ISO 2002, le risque est le résultat de la combinaison de la probabilité ou fréquence d'un évènement et de la sévérité de sa conséquence. Ces deux variables peuvent être divisées en plusieurs niveaux avec leurs échelles et descriptions

qualitatives. Toutefois, les matrices du risque ont deux principales limitations :

- 1) la classification non méticuleuse du risque et
- 2) le processus subjectif de calcul.

Cela occasionne un défaut significatif par rapport à sa construction; en fait, dans certains cas, différents risques peuvent partager le même niveau de classement du risque. Alors, l'évaluation du risque par cette méthode est vague et cause de la confusion sur le choix des risques qui demandent plus attention et des mesures de contrôle. Afin de minimiser ces limitations et améliorer l'applicabilité de la méthode, il faut:

- 1) Augmenter le nombre de niveaux de catégorisation de la probabilité et sévérité (Markowski and Sam Mannan, 2008) rapporté par (Ni, Chen et Chen, 2010 p. 1271) et
- 2) Développer des extensions arithmétiques entre ces deux variables.

Cela vise à déterminer graphiquement les limites des zones de risque, de la plus basse à la plus élevée.

**Levine (2012)** propose d'utiliser une échelle logarithmique pour la construction des matrices de risque afin d'essayer de corriger le problème des matrices construites à partir d'une échelle linéaire simple intitulée «la plage de compression» (Anthony Cox, 2008, p. 211). La plage de compression occasionne le fait que différents risques quantitatifs sont assignés à un même classement qualitatif; autrement dit, un grand nombre de risques sont contenus dans une seule catégorie.

Les résultats permettent de conclure que l'utilisation d'une échelle logarithmique étend le risque dans plusieurs catégories, ce qui rend possible une meilleure différenciation par rapport aux résultats obtenus avec une échelle linéaire. De même, les matrices de risque à l'échelle logarithmique réduisent l'impact subjectif et biaisé des jugements d'experts à l'égard des valeurs estimées de leur probabilité et sévérité.

#### 1.1.2. Les études sur la gestion graduée du risque (GGR)

**Hashimoto et al. (2007)** ont étudié les résultats de l'évaluation du risque entre la méthode qualitative de la GGR et la méthode normalisée, en utilisant une matrice de risque à deux dimensions. Ces deux dimensions représentent «la magnitude de la sévérité» et «la probabilité de l'occurrence».

Hashimoto et al. (2007) ont sélectionné douze (12) tâches liées à la manutention de produits chimiques utilisés dans le secteur pétrolier où le risque a été évalué par la méthode standardisée en utilisant les Valeurs Limites d'Exposition (VLE). Les résultats obtenus ont été classés dans quatre catégories : *Sur-contrôlé*, *Approprié*, *Sous-contrôlé* et *Pas comparable*.

Les résultats démontrent que la méthode de la GGR tend à fournir un jugement : *Sur contrôlé* dans (7) sept cas, en recommandant de requérir les conseils des experts; *Approprié* (2) dans deux cas; *Pas comparable* (3) dans trois cas et *Sous contrôlé* (0) dans aucun cas. A titre d'exemple, dans le cas de mélanges chimiques tels que l'essence, la GGR recommande d'évaluer tous ses composants; celui avec le plus haut niveau de contrôle représente le niveau de contrôle du mélange.

**Zalk et al. (2009)** ont évalué les résultats de l'application de la GGR dans le secteur de la nanotechnologie en raison de la faible connaissance des implications toxicologiques ainsi que du manque de consensus par rapport aux indices d'exposition. La méthodologie de la GGR permet d'évaluer et de catégoriser le risque à partir de la détermination des facteurs et leurs poids relatifs, autant de la sévérité de l'exposition que de la probabilité d'occurrence. Ces facteurs et leurs poids relatifs ont été déterminés selon des médecins et experts, mais aussi en recueillant de l'information à travers des questionnaires.

Les résultats démontrent une corrélation élevée entre la qualification du risque obtenue par la méthode de la GGR et la recommandation des experts en hygiène industrielle.

**Zalk et al. (2011)**, visant à développer un outil pour la prévention du risque, ont évalué la faisabilité d'utiliser les stratégies de la méthode de la GGR dans le secteur de la construction. L'analyse de faisabilité pour l'application de la GGR a été divisée en deux parties :

- 1) La révision des modèles basés en solutions, selon lequel le contrôle du risque d'exposition est divisé en : risques chimiques, physiques et de sécurité.
- 2) La conception de la structure d'un outil pour le développement des bandes de risque et leurs mesures de contrôle en fonction de la complexité de l'évaluation et du contrôle, soit :
  - 2.1) *Faible complexité* qui correspond aux précautions universelles, soit l'utilisation des Equipements de Protection Personnelle (EPP);
  - 2.2) *Moyenne complexité* qui correspond au modèle de la GGR, laquelle est sous divisée en :
    - 2.2.1) *Contrôle des tâches*: organise les recommandations ou solutions existantes par tâche plutôt que par niveau de risque.
    - 2.2.2) *Contrôle du risque*: utilise des paramètres liés à des tâches pour déterminer leur niveau de risque et donc, les niveaux de contrôle.
  - 2.3) *Complexité élevée* qui correspond au conseil des experts.

Les résultats montrent que l'outil présente un format utile pour profiter des multiples solutions existantes ainsi que pour évaluer qualitativement le risque en bandes de risque. Ces bandes de risque et leurs mesures de contrôle ont été développées pour être utilisées par les petites et moyennes entreprises (PME) du secteur de la construction visant à effectuer le travail de façon sécuritaire.

**Lavoie et al. (2013)** proposent d'utiliser la méthode de la GGR visant à faciliter le choix d'un équipement de protection respiratoire (EPR) contre les bioaérosols infectieux et non infectieux. Une des principes qui oriente cette recherche est l'énoncé par Maidment (1998, p. 3) : «la clé du succès dans le développement d'un programme de GGR est de

limiter le nombre de facteurs dans le modèle afin de diminuer sa complexité et de faciliter son application par des non-experts». La méthodologie de la GGR utilisée pour l'évaluation du risque est similaire à celle utilisée par Zalk et al. (2009) et comprend trois éléments principaux :

- 1) La classification des substances selon leur niveau de danger;
- 2) L'estimation de l'exposition des travailleurs, soit l'exposition potentielle et l'évaluation du risque;
- 3) La sélection de la méthode de prévention à partir d'un score de risque calculé en combinant les indices de danger et d'exposition.

Les résultats obtenus par la méthode de la GGR, en ce qui concerne le choix des EPR, ont démontré être identiques aux recommandations déjà faites dans douze des dix-neuf cas présentés. Toutefois, la méthode de la GGR, à la différence des autres méthodes de classification, donne un niveau de risque plus élevé.

**McKernan L. et al. (2014)** ont élaboré un rapport sur la méthodologie intitulé «Occupational exposure banding», développé par la National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), visant à évaluer et catégoriser en bandes le risque, l'exposition à des substances chimiques pour lesquelles la valeur de «Occupational exposure limits» (OELs) n'a pas encore été déterminée.

La méthodologie développée par la NIOSH divise la zone de risque en trois tiers. Chaque zone de risque ou tiers demande de l'information pertinente ainsi que de la connaissance et de l'expérience de la part de l'utilisateur, de la plus basique à la plus exhaustive. Ainsi, par exemple, le tiers 1 demande très peu d'information et de connaissance spécialisée. Il collecte de l'information de la «Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals» GHS ainsi que des recommandations de la NIOSH pour déterminer une bande de risque. Le tiers 2 demande que l'utilisateur puisse examiner et extraire de l'information toxicologique afin d'être

utilisée dans l'algorithme développé par la NIOSH. Le tiers 3 se base sur la collecte de toute l'information disponible ainsi que sur l'opinion des experts pour évaluer et catégoriser le risque. Malgré que cette méthodologie ne soit pas encore à l'étape de validation, elle a donné des bons résultats. Toutefois, il y a des limitations par rapport à l'évaluation du risque dans les cas de mélanges des produits chimiques.

### 1.1.3. Les études sur la classification des pesticides

La classification par des facteurs physico-chimiques

**Copplestone (1988)** présente une analyse de la méthode de classification des pesticides définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les pesticides sont habituellement classés sur une échelle logarithmique par leur «toxicité aiguë», exprimée par la dose létale (DL50) orale ou dermique, selon si cette dernière est classée dans la catégorie la plus élevée. La DL50 est une valeur estimée avec un intervalle de confiance; cela est la raison pour laquelle, sous différents critères, un produit chimique pourrait être classé dans deux catégories différentes.

Malgré ces inconvénients, la classification par toxicité aiguë a apporté des bons résultats; toutefois, le but est la classification par «formule», c'est-à-dire par son ingrédient actif, mais aussi par son état physique. Par exemple, un produit avec une même formule de 5% peut être classé dans deux catégories différentes selon son état physique (soit solide ou liquide). Dans ce contexte, l'OMS a recommandé de classer les pesticides par sévérité en trois classes :

Tableau 1.1 : Classification des pesticides par sévérité selon l'OMS

Classe	Sous classe	Classification
I	Ia	Extrêmement dangereux
	Ib	Très dangereux
II	-	Modérément dangereux
III	IIIa	Légèrement dangereux
	III+	Dangerosité peu probable <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cette subdivision correspond au tableau 5 du Guidelines (WHO, 2009)

Selon Copplestone (1988), la classification doit aussi considérer les effets adresses des pesticides à long terme tels que : la mutagénicité, la tératogénivité, la carcinogénicité et les effets sur la reproduction «reproduction» ; la classification, doit également tenir compte des effets à court terme tels que : «l'irritation de la peau» et «des yeux».

Les résultats montrent que malgré des inconvénients de l'usage de la DL50 et des valeurs de toxicité aiguë comme base du schème de classification des pesticides de l'OMS, le schème de classification a donné de bons résultats. Toutefois, les valeurs de la DL50 ne sont pas disponibles pour toutes les composantes chimiques.

**World Health Organization (2010)** présente un guide pour la classification des pesticides selon leur danger. La guide est divisée en deux parties. La première partie présente les critères de classification basés sur l'information toxicologie de chaque formule; la classification est basée sur les valeurs de la DL50 orale ou dermique si cette dernière est plus restrictive. De même, dès 2009, l'OMS a adopté les critères de classification des pesticides de conformité au «Globally-Harmonized Systems» (GHS), basés sur les valeurs de toxicité aiguë comme point de départ de la classification. La deuxième partie du guide présente cinq tables de classification des pesticides selon la dangerosité de leurs ingrédients actifs. Chaque tableau est divisé en neuf colonnes informatives soit :

- 1) la dénomination commune de l'ingrédient actif,
- 2) le numéro CAS du produit chimique,
- 3) les recommandations des Nations Unies pour le transport de produits dangereux,
- 4) la classification chimique,
- 5) l'état physique,
- 6) l'usage principal,
- 7) la classification des pesticides selon la GHS,
- 8) la DL50 et
- 9) les remarques sur les effets toxicologies chroniques des pesticides.

De plus, le guide montre une liste des pesticides d'usage obsolète, une liste des pesticides sous réserve de la convention de Rotterdam ainsi qu'une liste de fumigènes gazeux ou volatiles non classifiés sous les critères de l'OMS.

Les résultats montrent que les tables de classification dans le guide sont basées sur les ingrédients actifs, lesquels constituent le seul point de départ de la classification. Il est préférable que la classification soit basée sur l'information toxicologie fournie par le fabricant.

**Onil et al. (2012)** ont développé une méthodologie visant à réduire l'intoxication par exposition aux pesticides en utilisant un indicateur de risque des pesticides du Québec pour la santé «IRPeQ-santé». Celui-ci permet de choisir parmi plusieurs types de pesticides, celui qui comporte le moins de risque. L'indicateur tient en compte les principaux critères de toxicité aiguë et chronique des matières actives ; le potentiel de persistance dans l'environnement et de bioaccumulation dans l'organisme humain ; la formule des pesticides ; les particularités des préparations commerciales ; les techniques d'application et les quantités utilisées. Ainsi, la méthode permet d'allouer un pointage selon leur niveau de gravité aux facteurs en jeu, soit:

- 1) Facteur en lien avec la persistance et bioaccumulation (FPer) ;
- 2) Facteur lié au type de formule (FPf) ;
- 3) Facteur de compensation (FCP) qui tient compte de la concentration de la matière active dans la préparation commerciale et la dose appliquée;
- 4) Critères toxicologiques (aigus et chroniques) à partir desquels est calculé l'indice de risque toxicologique de la matière active (IRT).

Le calcul de chacun de ces paramètres permet finalement de déterminer l'«indice de risque pour la santé» (IRS), lequel s'obtient à partir de l'algorithme suivant:

$$(IRS)=(IRT)\times(FPf)\times(FCP)/10$$

Les résultats montrent que l'indicateur de risque ne comporte aucune scène d'exposition

et n'inclut pas tous les paramètres de l'analyse de risque. Alors, il est un outil qui montre une représentation simplifiée de la réalité qui facilite la prise de décisions dans le but de choisir des pesticides à moindre risque.

La classification par des facteurs toxicologiques

**Alavanja et Hoppin (2004)** présentent une revue de littérature par rapport aux maladies chroniques, notamment le cancer et l'intoxication neurologique, liées aux travailleurs agricoles à cause de l'utilisation des pesticides. Le but de la détermination de l'exposition est de classer la population selon les niveaux d'exposition. Ainsi, afin de réduire les erreurs de classification, il est critique de séparer la population par niveaux d'exposition, soit : *faiblement exposés*, *moyennement exposés* ainsi que de la population *très exposée*. Toutefois, la détermination de l'exposition est une tâche complexe qui peut s'estimer soit :

- 1) en utilisant l'information toxicologie ou
- 2) en caractérisant l'exposition à partir de la détermination des facteurs en jeu.

L'information toxicologique est basée sur l'étude des effets à court terme d'un seul ingrédient actif dans les animaux de laboratoire, soit sur une scène contrôlée, tandis que dans la réalité, la population est exposée à un mélange de plusieurs composantes chimiques pendant une longue période de temps. Ainsi, les effets des composantes à long terme de la santé ne sont pas complètement compris. Il est, par conséquent, raisonnable d'utiliser des algorithmes qui essayent de caractériser l'exposition à partir de l'information obtenue des questionnaires, méthode qui a été utilisée avec succès dans la détermination de l'exposition chronique aux pesticides.

En conclusion, l'évaluation de l'exposition en utilisant des paramètres toxicologiques est une stratégie incomplète et très simplifiée de la réalité; ainsi, la caractérisation de l'exposition par des facteurs peut améliorer la compréhension de celle-ci.

**MacFarlane et al. (2013)** présentent une étude par rapport aux effets des pesticides dans la santé des travailleurs agricoles, notamment à cause de leur manutention et absorption à travers de la peau.

Les effets sur la santé peuvent être classés comme aigus ou chroniques selon la période de temps avant que l'apparition des symptômes d'intoxication ne survienne. L'intoxication aigüe est le résultat normalement d'une seule exposition pendant une période de temps se mesurant en heures ou jours. Les effets peuvent inclure l'irritation de la peau, des yeux ou des voies respiratoires. Un facteur à prendre en compte est que les formules liquides sont plus dangereuses que celles solides parce qu'elles pénètrent plus facilement la peau ou les membranes muqueuses. L'intoxication chronique peut inclure des effets neurologiques, de reproductivité, de mutagénicité, d'endocrinologie ou de cancer. Cependant, les résultats des études jusqu'à maintenant sont encore insuffisants.

MacFarlane et al. (2013 p. 136, 137) rapportent que la peau est la principale voie d'exposition aux pesticides (van Hemmen JJ. et al, 1995), (Lebailly P. et al., 2009). Par contre, l'exposition par voie respiratoire n'est pas significative à cause de la basse pression de vapeur des pesticides (Burns C. et al., 2007), (Baldi I. et al., 2006).

Par ailleurs, le taux d'absorption des pesticides à travers de la peau varie selon les différentes parties du corps; par exemple, en comparaison aux bras, les pesticides sont absorbés 12 fois plus rapidement dans les organes génitaux, 4 fois plus rapidement dans la tête et 3 fois plus rapidement dans le tronc. Le taux d'absorption est affecté aussi par la température, c'est-à-dire qu'une augmentation dans la température de la peau augmente aussi le flux sanguin, lequel facilite la circulation des pesticides à l'intérieur du corps.

Les résultats montrent que même si l'exposition dermique est reconnue comme la principale route d'exposition et que l'utilisation des EPP réduit l'intoxication par absorption, leur utilisation n'est pas conforme pour les travailleurs agricoles pour des raisons qui ne sont pas bien comprises jusqu'à maintenant.

#### 1.1.4. Les études sur l'évaluation de l'exposition

**Fritschi et al. (1996)** ont comparé les résultats de l'évaluation de l'exposition à des substances cancérigènes entre la méthode d'auto évaluation et l'évaluation par des experts en hygiène du travail. À la différence de la méthode d'auto-évaluation qui propose l'utilisation des questionnaires pour la collection des données, la méthode d'évaluation par des experts base son évaluation sur les descriptions des postes de travail, la littérature technique scientifique des processus de travail et d'hygiène industrielle, les consultations avec des experts locaux, mais aussi sur la connaissance et le jugement d'eux-mêmes.

De plus, ces deux approches présentent trois problèmes méthodologiques importants :

- 1) La disparité des données recueillies,
- 2) Le biais à l'égard des réponses des répondants et
- 3) La pertinence de choisir la méthode d'évaluation par des experts comme la méthode de référence.

Les résultats démontrent que la méthode d'autoévaluation implique des erreurs considérables de classification de l'exposition en comparaison avec la méthode d'évaluation par des experts; cependant, elle peut être utilisée comme le composant d'une étude plus vaste. L'auto-évaluation n'est utilisée que pour l'évaluation d'un petit nombre de substances; par contre, l'évaluation des experts peut atteindre quelques centaines de substances. Toutefois, le facteur restrictif est le coût élevé des experts en hygiène du travail.

**Daniels et al. (2001)** ont comparé l'impact de cinq différentes méthodes d'évaluation et classification de l'exposition aux pesticides sur les estimations du risque des maladies, notamment sur le neuroblastoma, soit :

- 1) L'auto-évaluation;
- 2) Le groupe industriel et occupationnel ;
- 3) L'auto-évaluation/ Le groupe industriel et occupationnel;

- 4) La revue partielle des hygiénistes industriels;
- 5) La revue exhaustive des hygiénistes industriels.

Des méthodes indirectes de faibles coûts tels que : des appels téléphoniques; des questionnaires et des entretiens personnels ont été utilisées pour évaluer l'exposition aux pesticides. La méthode «revue exhaustive des hygiénistes industriels» utilise toute l'information obtenue par les méthodes indirectes comme base d'évaluation. Malgré que cette méthode soit encore imparfaite, celle-ci est considérée comme la méthode de référence (McGuire V, Nelson LM, Koepsell TD et al., 1998, p 1227). Ainsi, «la revue exhaustive des hygiénistes industriels» évalue d'autres déterminants d'exposition aux pesticides tels que :

- 1) Le type de travail et d'industrie;
- 2) L'auto-évaluation de l'exposition;
- 3) La description des tâches;
- 4) Le type de pesticides, soit : pesticides, insecticides, fongicides, herbicides et fumigeant;
- 5) La formule chimique, soit : gaz, poussière, liquide, solide, etc.;
- 6) La route d'exposition, soit : air, peau, vêtements;
- 7) Le type d'activité au travail, soit : mélange, pulvérisation, le travail à proximité, etc.
- 8) Le nombre d'heures exposées par semaine.

Les résultats montrent des différences parmi les méthodes d'évaluation de l'exposition indirecte et la méthode «revue exhaustive des hygiénistes industriels» par rapport à l'estimation des proportions de travailleurs exposés et non exposés. Ces différences s'expliquent à cause de la disparité de l'information utilisée par chaque méthode. Alors, la classification précise de l'exposition par des hygiénistes industriels dépend du détail et de la qualité de l'information recueillie; du type travail et d'exposition; de l'expérience de l'hygiéniste; de l'information sur les variations d'exposition dans une industrie déterminée (Stewart PA, Stewart WF, 1994, p. 1231), (Siemiatycki J., 1996, p. 1231). Enfin, les erreurs de classification de l'exposition ont été le principal contributeur de

résultats et conclusions incohérentes par rapport aux effets nuisibles des pesticides dans la santé des travailleurs.

**Onil, S., Dion, S. et St-Laurent, L. (2001)** ont développé un guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraichère, notamment dans le cas de l'application des fumigants. «Les fumigants sont des produits chimiques toxiques qui atteignent l'organisme visé à l'état de vapeur ou de gaz et constituent la principale source d'intoxication par inhalation. Il existe deux principales formes de fumigants: la vaporisation liquide ou les gaz comprimés et les applications de granules ou de poussières. Les premiers sont vendus dans des contenants pressurisés ou des "générateurs de fumée" et, lors de leur utilisation, les gaz ou vapeurs toxiques sont libérés immédiatement. Dans la seconde catégorie, le produit chimique utilisé va émettre un gaz fumigant seulement après qu'une réaction chimique aura été produite par le contact du produit avec un autre agent comme de l'eau par exemple» (Onil, S., Dion, S., St-Laurent, L. 2001 p. 23). Alors, la fumigation constitue la technique d'application de pesticides la plus dangereuse, car ils sont composés de matières actives les plus toxiques utilisées dans l'industrie des pesticides. «Il est recommandable de porter un équipement de protection respiratoire adéquat. Les respirateurs possédant un système de filtration (cartouche et à induction d'air) sont inefficaces pour assurer la protection du travailleur qui utilise un fumigeant. Seul un respirateur branché sur une source indépendante d'air peut assurer une protection respiratoire complète contre les fumigants» (Onil, S., Dion, S., St-Laurent, L. 2001 p. 23).

**Dosemeci et al. (2002)**, en utilisant un questionnaire pour la collecte de données, ont étudié les facteurs qui caractérisent l'intensité et le temps de l'exposition aux pesticides, visant à développer un algorithme pour estimer, par score, la catégorisation de l'exposition.

L'étude de l'intensité de l'exposition a inclus des facteurs tels que :

1) La fréquence d'utilisation des mélanges de pesticides ;

- 2) La méthode d'application ;
- 3) L'état de réparation des équipements et
- 4) L'utilisation des EPP.

Par ailleurs, la détermination du temps d'exposition a considéré deux facteurs majeurs:

- 1) La durée, exprimée par le nombre d'années d'exposition et
- 2) La fréquence, soit le nombre moyen annuel de jours de manipulation des pesticides.

Afin de caractériser les scénarios d'application des pesticides, Dosemeci et al. (2002) ont développé deux algorithmes :

- 1) un algorithme général déterminé par les variables d'intensité et du temps d'exposition et
- 2) un algorithme plus détaillé qui ajoute d'autres variables tels que :
  - 2.1) L'état et type du système de mélange;
  - 2.2) Les conditions d'application ;
  - 2.3) L'état de nettoyage des équipements ;
  - 2.4) La fréquence de remplacement des gants ;
  - 2.5) L'hygiène personnelle et
  - 2.6) Le changement des vêtements après un déversement.

Les résultats montrent que le score obtenu en utilisant l'algorithme général ou l'algorithme plus détaillé est le même, malgré que celui-ci ajoute plus de variables pour caractériser l'exposition.

**Wood et al. (2002)** présentent une étude visant à développer une matrice de risque pour l'industrie de l'agriculture dans la province de la Colombie Britannique, Canada, où chaque cellule de la matrice contient une combinaison de facteurs tels que : le type de travail, l'exposition et le temps. Le type de travail a été défini par une combinaison de variables tels que la région, le type de culture, le poste de travail et la description des tâches réalisées. L'exposition a été codifiée en utilisant «A Hierarchical Approach to

Coding Chemical, Pharmaceutical and Biological Exposures» (Keefe AR et al, 2002). Le temps d'exposition a été estimé sur les périodes d'utilisation de chaque produit en prenant comme référence la date d'enregistrement des pesticides. Les paramètres d'évaluation utilisés dans les matrices de risque incluent :

- 1) Le niveau d'exposition ;
- 2) La fréquence ;
- 3) La prévalence et
- 4) Le niveau de danger.

Le niveau d'exposition a été calculé, lorsque possible, à partir des variables: ratio de pesticide appliqué, temps de vie moyenne et la dose de référence (RfD) ou d'absorption quotidienne (ADI). Il a aussi été calculé sur la base de deux scénarios : les activités de réentrée et les tâches d'application. La fréquence d'exposition a été estimée par le nombre de jours d'exposition pendant une année ainsi que par les programmes d'application des pesticides. La prévalence a pris en compte le pourcentage de travailleurs exposés à l'ingrédient actif. Le niveau de danger a été calculé par le ratio de la dose de pesticide absorbée, divisé par son RfD.

Les résultats montrent que les calculs de l'exposition aux ingrédients actifs des pesticides sont consistants en comparaison à ceux obtenus par Zweig G. et al. (1985, p.868) ainsi que par Simcox NJ. Et al. (1999, p. 868). Toutefois, il y a des différences de résultats par région et type de culture à cause de l'étendue des champs de culture et la propagation de ravageurs favorisée par le climat et la géographie.

**Lunchick, C., et al. (2005)** ont analysé les résultats de l'évaluation de l'exposition aux pesticides entre la méthode du bio-pilotage, soit l'analyse des restes de pesticide dans l'urine, versus la méthode d'évaluation de l'exposition, basée sur les données des variables d'exposition, obtenues du Pesticide Handlers Exposure Database (PHED) de l'US Environmental Protection Agency (EPA).

Les échantillons d'urine de 20 travailleurs agricoles affectés aux tâches de mélange, charge et d'application ont été évalués. Les travailleurs ont utilisé des EPP ainsi que les plus récentes méthodes de charge et d'application des pesticides. Par ailleurs, l'évaluation de l'exposition a été basée sur les variables d'exposition tels que : l'aire traitée, le ratio d'application, la quantité d'ingrédient actif appliqué, le type de tâche, le type d'équipement d'application des pesticides ainsi que la durée de travail. Les données et les poids correspondant à ces variables ont été obtenus du Pesticide Handlers Exposure Database (PHED) de l'EPA.

Les résultats montrent que l'évaluation de l'exposition, en utilisant les valeurs du Pesticide Handlers Exposure Database (PHED) de l'EPA, a été de 26 à 51 fois plus élevée que celle obtenue par la méthode du bio-pilotage. Cette différence peut être expliquée par l'ancienneté des données des PHED, notamment les différences par rapport aux EPP utilisés aujourd'hui, l'amélioration des méthodes de génie du contrôle en ce qui concerne les équipements pour l'emballage, le mélange et la charge ainsi que les méthodes d'application.

**Acquavella et al. (2006)** présentent une étude visant à confronter les résultats de l'évaluation de l'exposition obtenus par l'algorithme développé par Dosemeci et al. (2002) et ceux obtenus par bio pilotage, soit à partir des analyses d'urine des travailleurs agricoles exposés (Mandel JS. et al., 2005, p. 70). Afin d'évaluer les facteurs qui déterminent l'exposition aux pesticides par jour d'application, deux groupes de personnes, observateurs bien entraînés ainsi que travailleurs agricoles, ont complété des questionnaires. De plus, trois pesticides : le glyphosate, le 2,4-D et le chlorpyrifos ont été choisis par leur facilité d'analyser leur concentration dans l'urine. Les applications de glyphosate, 2,4-D ont été des formules liquides tandis que celle de chlorpyrifos a été de la formule granulaire.

Les résultats montrent que les concentrations de pesticides dans l'urine varient par type

de pesticide, mais aussi par les groupes de personnes qui ont évalué l'exposition à travers des questionnaires. Ainsi, la prédiction de l'exposition a été beaucoup plus basse pour les formules granulaires versus les liquides. De même, les résultats obtenus par le groupe d'observateurs ont été meilleurs que ceux du groupe de travailleurs agricoles. Alors, il faut considérer, dans l'évaluation, les propriétés physico chimiques des pesticides qui peuvent influencer la dose tels que : la pénétration dermique; la pression de vapeur; leurs formules ; le type d'application, mais il faut aussi définir de façon plus précise le concept de la durée d'utilisation des pesticides (Acquavella JF. Et al., 2003, p. 69), soit : le nombre d'acres traités (par exemple de 10 à 439), le nombre de mélanges de pesticides faits (p. ex., de 1 à 14) ainsi que la quantité d'ingrédients actifs de pesticide utilisé (p. ex., de 4 à 351 livres) (Mandel JS. Et al., 2005, p. 69).

**Blanco et al. (2008)** ont développé un algorithme pour l'évaluation de l'exposition aux pesticides intitulé DERM, basé sur l'étude des déterminants d'exposition dermique. Les auteurs évaluent ces déterminants sur la base de deux facteurs majeurs :

- 1) Le facteur (T) «Le type de transport du contaminant»;
- 2) Le facteur (A) «La superficie du corps exposé» et
- 3) Le facteur (C) «le type de vêtements», inclus comme facteur de protection.

Le facteur (T) a été calculé selon la méthode de Schneider et al. (1999, p. 536) qui établit que le contaminant peut atteindre la peau à travers :

- 1.1) L'émission, soit le contact direct du contaminant avec la peau;
- 1.2) La déposition, soit le dépôt du contaminant sur la peau ou les vêtements à travers de l'air et
- 1.3) Le transfert, soit le transport à travers des surfaces contaminées.

Afin de classer ces types de transport, Blanco et al. (2008) attribuent subjectivement une qualification *Haut* pour l'émission; *Moyen* pour la déposition et *Bas* pour le transfert. Le facteur (A) a été estimé en attribuant une qualification subjective au pourcentage du corps contaminé. Blanco et al. (2008) utilisent les lignes guides proposées par Lund et

Browder (1944 p. 537) pour l'estimation de la proportion du corps affecté dans les patients brûlés. Le facteur (C) a été calculé en attribuant des valeurs de réduction de l'exposition aux divers types de pièces de vêtements utilisés pendant l'application des pesticides (Stewart et al., 2001, p. 537). Blanco et al. (2008) ont démontré que les facteurs (T) et (A) sont directement proportionnels à l'exposition et agissent indépendamment entre eux; ainsi, en combinant par multiplication ces deux facteurs, on obtient le pointage final, lequel a été ajusté par le facteur de protection (C).

Les résultats montrent une corrélation élevée entre la méthode DERM et le «Total Visual Score» (TVS), méthode prise comme référence et basée sur l'étude de traces fluorescentes des surfaces du corps exposés aux contaminants agrochimiques.

**Thomas et al. (2010)** ont évalué les résultats d'exposition aux pesticides entre la méthode normalisée de génie et la méthode développée par Dosemeci et al. (2002), visant à mesurer la corrélation existante entre eux. L'algorithme de Dosemeci et al. (2002) a utilisé deux ensembles de pointages pour mesurer l'intensité de l'exposition. Le premier ensemble de pointage a été obtenu à partir des observations de techniciens pendant les activités de mélange, charge et application (MCA). Le deuxième ensemble de pointage a été calculé en utilisant l'information des questionnaires recueilli par des enquêteurs des tâches (MCA). La méthode normalisée a utilisé des échantillons : d'urine, de mains essuyées, de rustines et de l'air, lesquels ont été analysés selon les protocoles de laboratoire.

Les résultats montrent que le pointage de l'intensité de l'exposition obtenu par l'algorithme de Dosemeci et al. (2002), à partir des questionnaires et observations, a été significativement plus corrélé avec les formules liquides des pesticides qu'avec les granulaires. De plus, le pointage de l'intensité de l'exposition parmi les groupes d'observateurs et des enquêteurs ont montré une corrélation élevée. Alors, l'information obtenue à partir des questionnaires administrés par des enquêteurs peut produire de l'information fiable par rapport aux facteurs d'exposition.

**Damalas et Eleftherohorinos (2011)** présentent une étude ayant pour but de déterminer les facteurs qui affectent l'exposition aux pesticides, tels que :

- 1) Les emplois où les travailleurs réalisent des mélanges, de la manutention, du transport et l'application des pesticides sont considérés comme le groupe de travailleurs présentant le plus haut risque d'exposition (Fenske, R.A. et al, 2005, p. 1406).
- 2) Les accidents, soit les renversements et fuites des pesticides, ou à cause des équipements de pulvérisation défectueux.
- 3) La conduite des travailleurs tels que : ne font pas d'attention aux instructions sur l'utilisation des pesticides; la mauvaise utilisation des EPP par la méconnaissance des mesures de sécurité ainsi que de mauvaises pratiques d'hygiène personnelle.
- 4) La formule des pesticides, soit les pesticides liquides sont absorbés par contact direct avec la peau ou de façon indirecte à travers des vêtements contaminés. Les formules solides des pesticides peuvent générer de la poussière quand elles sont déposées dans les équipements d'application. Ils peuvent alors affecter le visage, les yeux et les voies respiratoires (Fenske, R.A. et al, 2005, p. 1406).
- 5) Le type d'emballage en combinaison avec le type de formule de l'ingrédient actif (Fenske, R.A. et al, 2005, p. 1406).
- 6) La taille des récipients de formules liquides, lesquels peuvent faciliter le déversement et les éclaboussures (Fenske, R.A. et al, 2005, p. 1406).
- 7) Les conditions atmosphériques pendant l'application des pesticides tels que la température et l'humidité peuvent affecter la volatilité des pesticides (Fenske, R.A. et al, 2005; Gil, Y. et al., 2008; Jindal et al., 2007; Gomes, J. et al, 1999, p. 1406).
- 8) La maintenance des EPP.
- 9) La fréquence et la durée d'utilisation des pesticides.
- 10) L'exposition est plus grave dans les cas de fumigateurs qui appliquent les pesticides pendant plusieurs jours ou semaines versus les agriculteurs qui les appliquent une fois par année (Fenske, R.A. et al, 2005, p. 1407).

En conclusion, malgré que plusieurs indicateurs aient été utilisés pour évaluer le potentiel de risque des pesticides, leur utilisation montre une fiabilité réduite. Il faut donc développer des indicateurs alternatifs afin d'augmenter la précision et fiabilité de l'évaluation.

**Coble, J., et al. (2011)** ont mené une étude visant à mettre à jour les poids des variables d'exposition, définis dans l'algorithme développé par Dosemeci et al. (2002), basés dans l'analyse de la moyenne géométrique (MG) des échantillons d'urine des applicateurs, post application des pesticides. À cet effet, les applicateurs ont été divisés en deux groupes. Le premier groupe a été évalué par la méthode d'application, soit le pulvérisateur à rampe versus l'application en sillon ainsi que par l'utilisation des gants chimiquement résistants (CR). Le deuxième groupe a comparé les résultats de l'application des pesticides en utilisant le jet d'air versus la pulvérisation à main, pendant l'application de l'herbicide (2,4-D) et l'insecticide Chlorpyrifos, de formule liquide et granulaire.

Les résultats ont montré que l'exposition par pulvérisation à rampe est 100% plus élevée que celle de l'application en sillon. De plus, le facteur de réduction de l'exposition par utilisation des gants (CR) a augmenté de 40% à 60%. L'utilisation des EPP additionnels tels que les respirateurs, surtouts et les bottes ajoute un 10% de plus de protection pour chaque pièce jusqu'à un maximum de 30%. De même, les poids pour l'évaluation de l'exposition entre la méthode du jet d'air versus la pulvérisation à main ont été réduits d'une proportion de (3 : 9) à (40 : 90), tandis que le poids alloué aux activités de mélange a été réduit d'une proportion de 3 à 2 pour les mélanges < 50% du temps de travail et de 9 à 5 pour ceux > 50%. Finalement, il faut remarquer que la décision de changer les poids des variables a été basée dans les résultats obtenus sur le terrain par l'Agricultural Health Study (AHS), en combinaison avec l'information obtenue provenant de la littérature dont le Pesticide Handlers Exposure Database (PHED). De même, la corrélation entre les versions 1 et 2 de l'algorithme a été au moins de 95%.

**Ye et al. (2013)** ont analysé l'information disponible à l'égard de l'exposition occupationnelle aux pesticides et ses effets dans la fonction respiratoire (la fonction pulmonaire, les symptômes respiratoires et les maladies). Dans le secteur de l'agriculture, l'exposition par voie respiratoire représente seulement 10% de l'exposition totale, le reste se produit par voie dermique ou par ingestion. L'exposition par voie respiratoire se produit quand les travailleurs ont appliqué des pesticides extrêmement volatiles, notamment quand les EPP respiratoires ne sont pas utilisés ou dans des endroits peu ventilés (Dowling, K.C.; Seiber, J.N., 2002, p. 6445). L'absorption par voie dermique se produit quand les pesticides ont une haute solubilité lipidique, ce qui facilite l'absorption à travers de la peau (p. ex., les insecticides dérivés des organophosphates et carbamates) (Rouff, J.; Reigart, J.R.R., 2012, p. 6446). Par ailleurs, selon Hoppin, J.A. et al. (2006, p. 6445), les facteurs habituellement impliqués dans l'exposition sont :

- 1) L'intensité de l'application;
- 2) La fréquence;
- 3) La durée;
- 4) La méthode d'application;
- 5) L'utilisation des EPP et
- 6) Le profil toxicologique et physico-chimique des pesticides tels que leur volatilité et solubilité lipidique.

De plus, selon Maroni, M. et al. (2006) ; Jaga, K.; Dharmani C. (2003, p. 6445), les principales causes d'exposition occupationnelle aux pesticides sont :

- 1) Le déversement des pesticides;
- 2) Les fuites;
- 3) La mauvaise utilisation des équipes par les travailleurs et
- 4) Le non-respect des directives de sécurité.

Les résultats de la recherche montrent que les symptômes respiratoires tels que la respiration sifflante, l'irritation des voies respiratoires, la sécheresse/douleur dans la

gorge, la toux, l'essoufflement et l'oppression thoracique ainsi que les maladies respiratoires tels que l'asthme sont associées avec l'exposition occupationnelle aux pesticides. Toutefois, il n'existe pas d'évidence concluante entre celles-ci et le cancer au poumon (Alavanja, M.C. et al., 2004 ; Freeman, L.E.B. et al., 2005 ; Bonner, M. R. et al., 2005 ; Samanic, C. et al., 2006 ; Bonner, M.R. et al., 2007 ; Rusiecki, J.A. et al., 2004 ; Freeman L.E. et al., 2011 ; Settimi, L. et al., 2001, p. 6458).

**Inserm (2013)** a analysé des études réalisées par rapport aux effets occasionnés dans la santé des travailleurs agricoles à cause de l'utilisation des mélanges de pesticides. Il est difficile de mettre en évidence une relation entre les mélanges de pesticides et l'impact sur la santé pour plusieurs raisons : la variabilité de la composition des mélanges au cours de la vie professionnelle et au cours de l'année ; l'interaction entre les substances actives (Inserm, 2013 p. 847). Alors, prédire les risques d'une exposition à un mélange de pesticides est une démarche encore très complexe (Inserm, 2013 p. 853).

Malgré de nombreuses études relatives à l'impact des mélanges de pesticides, il existe encore trop peu de données concernant les interactions possibles entre les composants d'un mélange. La multiplicité des interactions lors d'une exposition à un mélange de substances rend compte de la difficulté d'une évaluation toxicologique réglementaire des mélanges (Inserm, 2013 p. 853). Toutefois, ces études rendent possible de classer les types d'effets des mélanges de pesticides ainsi :

Tableau 1.2 : Types d'effets des mélanges de pesticides

Type d'effet	Définition
Effet additif	Effet additif La toxicité du mélange est égale à celle résultant de la somme des doses ou des réponses des composants du mélange
Effet supra-additif synergique	La toxicité du mélange, où tous les composants sont actifs, est plus élevée que celle résultant de la somme des doses ou des réponses des composants du mélange
Effet supra-additif potentialisateur	La toxicité du mélange est augmentée par la présence d'un composant qui lui-même n'est pas actif
Effet infra-additif ou antagoniste	La toxicité du mélange est inférieure à celle résultant de la somme des doses ou des réponses des composantes du mélange

Source : Inserm (2013) p. 942

Alors, la toxicité d'un mélange des pesticides ne peut être pas toujours prédite à partir de celle de chacun de ses composants (Inserm, 2013 p. 845).

#### 1.1.5. Les études sur les interventions pour réduire l'exposition

**Konradsen et al. (2003)** présentent une étude qui propose la suppression progressive des pesticides de classe I et II de la classification de l'OMS afin de réduire les cas de fatalité et d'intoxication aiguë. Basée sur la stratégie de la hiérarchie de contrôle, Plog (1996); Cole et al. (2002) ; et Murray et Taylor (2000 p. 250) proposent d'établir des mesures de contrôle de la plus haute priorité à la moins efficace, divisées en deux groupes :

- 1) Le premier groupe de mesures, considérées comme les plus efficaces et basées en contrôles de génie, soit :
  - 1.1) L'élimination des composantes plus toxiques;
  - 1.2) La substitution avec des composantes alternatives moins toxiques;
  - 1.3) La réduction de l'utilisation des pesticides à travers l'amélioration des équipements (p. ex., la pulvérisation à basse pression).
- 2) Le deuxième groupe des mesures de contrôle, considérées comme les moins efficaces, en ordre de priorité, sont :
  - 2.1) L'isolation des travailleurs des aires de risque;
  - 2.2) L'étiquetage des pesticides; la formation des travailleurs;
  - 2.3) L'utilisation des EPP et
  - 2.4) L'application des mesures administratives de contrôle
- 3) Finalement, Konradsen et al. (2003 p.251), basés sur la publication d'Eddleston et al. (2002), discutent de quatre mesures avec un potentiel de réduire l'usage et la disponibilité des pesticides, soit :
  - 3.1) Les directrices facultatives, les initiatives d'usage sans risque et les instruments de politique international
  - 3.2) Les changements dans les pratiques d'agriculture : «Integrated Pest Management» (IPM), et la biotechnologie des plantes.

3.3) Les restrictions d'usage des pesticides et

3.4) Le développement d'une liste minimale d'usage des pesticides.

**Jagt et al. (2004)** présentent une étude sur l'utilisation efficace des EPP, déterminée par la relation existante entre les aspects techniques des EPP et la conduite des agriculteurs (Brouwer, D.H., et al., 2001; Brosseau, L.M., et al., 2002 p. 355). Afin d'évaluer l'effet protecteur des EPP sur l'exposition par inhalation et par voie dermique, des EPP tels que : respirateurs, chaussures, gants et cagoule ont été utilisés pour les activités de mélange, charge et application (MCA) pendant la manutention du pesticide chlorpyrifos, un type d'insecticide organophosphoré utilisé pour le contrôle des insectes dans les usines, dépôts, ainsi que dans le milieu résidentiel et commercial. Les travailleurs ont utilisé des équipements de pulvérisation à main pour appliquer le pesticide liquide sur les murs, le plancher, etc. L'exposition a été mesurée deux fois; la première pendant l'utilisation habituelle des EPP et la deuxième, après avoir réalisé quelques changements aux EPP (post intervention). Par exemple, un demi-masque ou un masque complet avec filtres P2 ou P3 versus un masque respiratoire complet ajusté (type A900 ST) avec filtre neuf (A2/P2), chaussures de sécurité versus bottes d'isolation chimique, etc.

Les résultats ont montré qu'après l'intervention, le niveau de métabolites 3,5,6-trichloro-2-pyridinol (TCP) dans l'urine, un indicateur utilisé pour le bio pilotage de l'exposition aux pesticides, a diminué de 132 à 32.6 µg, soit quatre fois par rapport aux valeurs avant l'intervention. En conclusion, Jagt, Tielemans, Links, Brouwer et Hemmen (2004) affirment qu'en utilisant des EPP ajustés, complétés avec une vidéo d'instruction pour leur utilisation adéquate, les EPP sont un outil efficace pour protéger les travailleurs contre l'exposition aux pesticides.

**Protano et al. (2009)** ont comparé la performance de différents types de vêtements de travail utilisés pour réduire l'exposition dermique aux pesticides pendant les activités de mélange, charge et application (MCA). La performance a été évaluée en mesurant le

facteur de pénétration (FP) de différents types de vêtements. L'exposition dermique a été calculée par la technique des pads de  $\alpha$  cellulose, mis sur les vêtements de travail et la peau des travailleurs pas couverts extérieurement. Autrement dit, l'application des méthodes analytiques définies par Vitale et al. (2009, p. 116) permet de déterminer le facteur de pénétration (FP), soit la fraction de pesticide qui traverse les vêtements de travail et qui entre en contact avec la peau (Driver et al., 2007, p. 115) dans chaque région anatomique.

Les résultats montrent que les travailleurs qui ont utilisé un EPP complet soit : masque protecteur, surtout tyvek, bottes en caoutchouc et gants ont atteint une protection majeure à 97%. Par ailleurs, les valeurs du (FP) des vêtements de coton ont varié significativement, par les méthodes de manutention et les caractéristiques des vêtements. Ainsi, la partie au-dessus du corps montre la plus haute valeur moyenne du (FP), 18.7%, tandis que dans la partie basse du corps, la valeur moyenne du (FP) a été de 8.1%.

**Keifer et Matthew C. (2000)** présentent une revue de littérature ayant pour but d'évaluer l'effectivité des interventions pour prévenir la surexposition occupationnelle aux pesticides. L'analyse des interventions pour la réduction de l'exposition aux pesticides a inclus:

- 1) Les programmes de formation en sécurité;
- 2) La formation en application;
- 3) Le délai de réentrée entre l'application et le retour à des activités sur le site traité;
- 4) L'utilisation d'EPP;
- 5) L'utilisation de techniques d'isolation;
- 6) La manutention des pesticides (mélange, charge ou stockage) et
- 7) Un programme de bio pilotage à partir des niveaux de l'enzyme cholinestérase (AChE) dans le sang.

Les études par rapport à l'efficacité des interventions pour réduire l'exposition ont été classées en trois catégories :

- 1) L'efficacité des EPP ou de la modification des conditions de travail (p.ex. la

ventilation).

- 1.1) (Nigg HN et al., 1986), cité par (Keifer, Matthew C., 2000 p .82), ont démontré que l'utilisation des EPP du type surtout Tyvek a réduit de 38% l'exposition dermique. Il y a eu 27% de réduction par l'utilisation des gants et 65% par l'utilisation combinée des deux. La tâche de mélange a réduit l'exposition de 40% par l'utilisation de surtout, mais une augmentation de l'exposition (non précisée) comme résultat de l'utilisation des gants.
- 1.2) (Nigg HN et al., 1993), rapporté par (Keifer, Matthew C., 2000 p .82), affirment que le pourcentage de pénétration des pesticides des surtouts de polypropylène jetable a été de 3% à 38% tandis que les vêtements réutilisables (35% coton/64% polyester) ont eu un pourcentage de pénétration des pesticides de 19 à 38%.
- 1.3) (Nigg HN et al., 1986), cité par (Keifer, Matthew C., 2000 p .86), ont démontré, pour la tâche de mélange, une réduction de l'exposition de 15% et 45% avec utilisation d'un masque respiratoire et un surtout de coton respectivement. Pour la tâche d'application, la réduction a été de 53% en utilisant un surtout de coton. Il n'y a pas eu une réduction significative à cause de l'utilisation des respirateurs.
- 1.4) (Fenske et al., 1987), rapporté par (Keifer, Matthew C., 2000 p .86), ont trouvé que l'usage des chemises de travail, 50% coton / 50% polyester, peut protéger de 84% à 87%. L'utilisation des pantalons 100% coton peut protéger de 96.5% à 97.9%.
- 2) L'efficacité des modifications aux procédures de manutention des pesticides (mélange, charge ou emballage) peut réduire l'exposition.
  - 2.1) (Rutz et Kreiger, 1992), cité par (Keifer, Matthew C., 2000 p .84), soutiennent que la tâche de mélange est réduite plus efficacement en utilisant des paquets de pesticide soluble dans l'eau qu'en versant des pesticides liquides concentrés ou le déversement ouvert de poudre mouillable ou de systèmes fermés de pompage de liquides.
  - 2.2) (Rutz et Kreiger, 1992), cité par (Keifer, Matthew C., 2000 p .86), affirment que la méthode d'application la plus efficace pour réduire l'exposition est d'utiliser une cabine fermée avec une pulvérisation à rampe des pesticides. Par contre,

l'application des pesticides par les baguettes à main représente une tâche de plus haut risque.

2.3) (Putnam et al., 1983), rapporté par (Keifer, Matthew C., 2000 p .84), ont démontré que l'utilisation des gants de caoutchouc permet de réduire de 300 fois l'exposition; l'utilisation de systèmes de pompage de liquides vs le transvasement de pesticides a montré une réduction de 5 fois tandis que l'utilisation de filtres de respiration permet une réduction de l'exposition de 5 jusqu'à 100 fois.

2.4) (Methner M., Fenske R., 1996), cité par (Keifer, Matthew C., 2000 p .84), ont trouvé que la ventilation unidirectionnelle et la basse pression des équipes d'application réduisent plus efficacement l'exposition respiratoire et dermique.

3) L'efficacité des programmes de bio pilotage pour la réduction du risque d'exposition aux pesticides.

3.1) (Filmore et Lessenger, 1993), rapporté par (Keifer, Matthew C., 2000 p .85), ont déterminé qu'une réduction des niveaux de AChE entre 60% et 80% du seuil minimal augmente à 9 fois la probabilité de souffrir de symptômes d'intoxication par les pesticides.

**Tuduri Ludovic et al. (2012)** ont mené une étude ayant pour but de documenter le risque lié à l'utilisation des pesticides chez les producteurs de pommes québécois à partir de l'étude des déterminants de l'exposition, et ce en considérant plusieurs perspectives, soit celles de la sociologie, de l'ergonomie, de la chimie et de la toxicologie. Les objectifs spécifiques suivants ont été poursuivis :

- 1) Dresser un état des lieux sur les Équipements de protection personnelle (EPP) et la protection chimique en agriculture.
- 2) Brosser un portrait des contextes et des pratiques de travail du secteur québécois de la production de pommes.
- 3) Établir une liste de pesticides desquelles il faut se protéger prioritairement.

Trois sources de données ont été utilisées pour documenter les contextes et les pratiques de travail liés à l'utilisation des pesticides ainsi que l'utilisation des EPP dans la

production des pommes. Des entrevues et des observations en milieu de travail ont d'abord été réalisées, suivies d'une enquête par questionnaire.

Les résultats de l'enquête montrent que les critères de choix des EPP par les producteurs agricoles sont : l'efficacité des EPP (60%), l'adaptation au travail (22%), le confort (10%) et le coût et la disponibilité (10%) (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 83, 84). Toutefois, la décision de les porter dépend fortement du confort et de l'adaptation au travail (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 84), soit environ un tiers des producteurs de pommes (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 109). Plus encore, l'utilisation des EPP varie selon le type de pesticide et l'étape du processus. Ainsi, un consensus assez large chez les producteurs associe des risques plus importants aux insecticides qu'aux fongicides, et à la préparation de la bouillie qu'à la pulvérisation (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 98). De plus, l'imprécision des descriptions des EPP qui entraîne une interprétation variable chez les producteurs qui doivent faire leur choix demande l'adoption de la norme ISO 27065 sur les vêtements de protection contre les pesticides (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 106,107).

Au Québec, les producteurs agricoles de pommes sont confrontés à des objectifs difficiles à concilier, soit réduire l'utilisation des pesticides, protéger l'environnement, produire des fruits parfaits, être compétitifs face à la concurrence, assurer la survie de leur exploitation, et finalement protéger leur santé présente et future (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 111). Dans ce contexte, l'étude propose de faire attention aux méthodes de travail et déterminants d'exposition notamment dans les activités de préparation et pulvérisation des pesticides, soit : la conception des équipements, l'aménagement des lieux d'entreposage et de remplissage ainsi que le format des emballages et la formule des pesticides (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 112).

Les résultats montrent aussi que l'efficacité des pesticides est le critère de choix le plus important pour la vaste majorité des producteurs (66 %), avant le coût (13 %) et les

indices de risque pour la santé et pour l'environnement (IRS et IRE; respectivement 12 % dans chaque cas) (Tuduri Ludovic et al., 2012, p. 65). Par conséquent, et afin de contribuer à l'orientation des efforts en prévention et en recherche, cette étude propose une liste préliminaire de pesticides, obtenue grâce aux indices de risque construits pour les produits les plus utilisés par les producteurs de pommes au Québec, soit : indice de risque pour la préparation commerciale ( $IR_f$ ), indice de risque pour le produit actif ( $IR_i$ ), indice de risque par l'application ( $IR_a$ ) et finalement, indice de risque normalisé ( $IR_x$ ).

**Espanhol-Soares et al. (2013)** ont évalué l'efficacité et la durée de conservation des vêtements de travail utilisés dans les tâches agricoles à travers l'analyse comparative des procédures ASTM F: 1359:2007 et ISO 17491-4 ainsi que des déterminants du niveau de protection, soit le facteur de pénétration et l'imperméabilité. Des preuves sur le terrain et laboratoire ont été réalisées en utilisant deux types de vêtements de travail : 100% coton (143.4gr/m<sup>2</sup>) et un mélange 31% polyester et 69% coton (82.2 gr/m<sup>2</sup>) composés par : chemises (manches longues), pantalon, capot et demi-masque complétés par des gants de nitrile et des bottes en caoutchouc. Les pantalons ont été renforcés avec du matériel imperméable aux chevilles. Les vêtements de travail ont été utilisés et lavés 30 fois. Après chaque 7 jours ouvrable d'exposition, les vêtements ont été lavés avec un savon liquide neutre. L'efficacité des vêtements de travail a été calculée avant et après 5, 10, 20 et 30 fois d'utilisation.

Les résultats montrent que les vêtements 100% coton ont une durée de conservation de 30 utilisations tandis que ceux composés de 31% polyester et 69% coton ont une durée de conservation de 5 utilisations. De plus, l'utilisation des vêtements de travail permet une réduction de l'exposition ou de l'imperméabilité de 80% et un facteur de pénétration mineure de 10%.

#### 1.1.6. Les études sur la gestion du risque des pesticides

**De Raat et al. (1997)** présentent les principes généraux pour l'évaluation du risque d'exposition aux pesticides. Le point de départ pour l'évaluation du risque d'exposition

aux pesticides est l'information toxicologie; toutefois, celle-ci présente des limitations importantes tels que :

- 1) Le manque de congruence entre les conditions expérimentales et occupationnelles d'exposition ;
- 2) Le nombre limité d'animaux, types et doses appliquées ;
- 3) Le nombre limité d'effets indésirables qui sont regardés suite à l'application des doses.

Malgré ces limitations, l'évaluation de l'exposition peut être analysée sur des informations toxicologiques minimales des pesticides tels que : la cancérogénicité ; la neurotoxicité ; la toxicité reproductive ; la toxicité du développement ; l'immunotoxicité et la génotoxicité. Alors, l'évaluation du risque doit considérer une étude plus exhaustive des conditions occupationnelles d'exposition tels que :

- 1) La route d'exposition ;
- 2) La durée et
- 3) La fréquence d'exposition.

Finalement, le ratio de risque résulte de la division entre la valeur estimée d'exposition et celle occupationnelle de base. Si le ratio est  $> 1$ , alors le risque est considéré inacceptable.

**Maroni et al. (1999)** présentent une étude à l'égard des schèmes utilisés par les organisations internationales pour l'analyse et la gestion du risque (Maroni, Fait, et Colosio, 1999, p. 146). L'analyse du risque inclut : l'évaluation, la gestion et la communication du risque.

La gestion du risque comprend l'étude de :

- 1) L'identification du danger, en utilisant la classification des pesticides de l'OMS;
- 2) L'évaluation de l'exposition ;
- 3) La caractérisation du risque, soit l'évaluation qualitative (organe cible affecté, etc.) et quantitative du risque (haut, moyen, basse probabilité) et
- 4) La surveillance de la santé avant et après de l'exposition.

Finalement, le risque peut être qualifié comme négligeable, acceptable ou pas acceptable en fonction de l'information disponible par rapport à la sévérité des effets adverses et la probabilité d'occurrence.

**Damalas et Eleftherohorinos (2011)** présentent une étude ayant pour but d'examiner les indicateurs utilisés pour évaluer le risque d'exposition aux pesticides et prédire leurs effets. L'évaluation du risque des pesticides n'est pas une tâche facile à cause des différences de périodes et niveaux d'exposition, types de pesticides (toxicité), mélanges utilisés ainsi que des caractéristiques météorologiques et géographiques des zones où les pesticides sont appliqués (Bolognesi, C., 2003, p. 1407), (Pastor et al., 2003, p. 1407). L'EPA utilise plusieurs types d'examens afin d'évaluer le risque de l'utilisation des pesticides, soit :

- 1) L'examen de toxicité aiguë, lequel évalue les effets à court terme d'exposition à une seule dose de pesticide;
- 2) L'examen de toxicité sous-chronique, lequel évalue les effets d'une exposition sur une période de temps de (30-90 jours);
- 3) L'examen de toxicité chronique, lequel évalue les effets d'une exposition à long terme, en utilisant des animaux de laboratoire pendant leurs périodes de vie (p. ex., les effets cancérigènes).

La détermination de la toxicité aiguë demande le calcul de la dose létale 50% (DL50). Par contre, si l'exposition est par voie respiratoire, il faut estimer la concentration létale 50% (CL50), soit la concentration de pesticide requise pour tuer la moitié des animaux de laboratoire dans une période de temps de 4 heures. L'EPA ainsi que l'OMS ont déterminé les valeurs limites pour la toxicité aiguë due à l'exposition aux pesticides. Tableaux 1.3, 1.4 et 1.5.

Tableau 1.3 : Tableau de toxicité aiguë des pesticides selon l'EPA

Classe	Mots de signal	Toxicité aiguë pour les rats		
		Oral DL50 (mg/Kg)	Dermique DL50 (mg/Kg)	Inhalation CL50 (mg/L)
I	Danger	< 50	< 200	< 0.2
II	Attention	< 50-500	< 200-2,000	0.2-2.0
III	Attention	< 500-5000	< 2,000-20,000	2.0-20
IV	Attention	> 5,000	> 20,000	>20

Tableau 1.4 : Toxicité aiguë selon l'EPA (effets dans les yeux et sur la peau)

Classe	Mots de signal	Toxicité aiguë pour les rats	
		Effets dans les yeux	Effets dans la peau
I	Danger	Opacité cornéenne, pas réversible dans 7 jours	Corrosive
II	Attention	Irritation persistante pour 7 jours	Irritation sévère à 72 heures
III	Attention	Irritation réversible dans 7 jours	Irritation modérée à 72 heures
IV	Attention	Pas d'irritation	Doux ou légère irritation à 72 heures

Tableau 1.5 : Tableau de toxicité aigüe des pesticides selon l'OMS

Classe	Classification	DL50 pour les rats (mg/kg poids du corps)			
		Orale		Dermique	
		Solide	Liquide	Solide	Liquide
Ia	Extrêmement dangereux	< 5	< 20	< 10	< 40
Ib	Très dangereux	5-50	20-200	10-100	40-400
III	Modérément dangereux	50-500	200-2,000	100-1,000	400-4,000
III	Légèrement dangereux	> 501	> 2001	> 1,001	> 4,001
U	Dangerosité peu probable	> 2,000	> 3,000	-	-

Les études des effets des pesticides à long terme permettent de définir des concepts et leurs valeurs de référence, soit :

- 1) Le No-Observed-Adverse-Effect-Level (NOAEL) ou No-Observate-Effect-Level (NOEL) sont définis comme le point de référence sous lequel il n'existe pas d'effets adverses;
- 2) Le Acceptable Daily Intake (ADI), soit la quantité de chimique qui peut être absorbé par jour pendant le temps de vie d'une personne sans montrer des effets sur la santé;
- 3) L'Acute Reference Dose (ARfD), soit la dose de référence aigüe, calculée dans les cas où les valeurs d'absorption des pesticides sont plus élevées que celles du (ADI).

Finalement, l'agence internationale pour la recherche du cancer (IARC, 2011, p.1409) classe les pesticides selon l'information dérivée d'études épidémiologiques chez les humains et expérimentées avec des animaux tel que montré dans le Tableau 1.6.

Tableau 1.6 : Tableau de classification des pesticides selon l'IARC

Groupe	Qualification
1	Cancérogène pour humains
2A	Probable cancérogène pour humains
2B	Possiblement cancérogène pour humains
3	Pas classifiable comme cancérogène pour humains

En conclusion, plusieurs indicateurs ont été utilisés pour évaluer le potentiel de risque des pesticides; toutefois, les résultats démontrent une fiabilité réduite. Alors, il faut développer des indicateurs alternatifs afin d'améliorer l'évaluation du risque.

#### 1.1.7. Étude du cas au Pérou

**Yucra Sandra et al. (2006)** ont mené une étude visant à évaluer le niveau de connaissance à l'égard des mesures de sécurité nécessaires pour la manutention des pesticides organophosphorés (OP) par les travailleurs agricoles de la vallée de Majes au Pérou. Les pesticides OP sont les pesticides les plus communément utilisés dans l'agriculture au Pérou sur une variété de cultures tels que les pommes de terre, la luzerne, les oignons, les tomates, l'ail, les pommes et les racines. À l'égard de ce sujet, une étude biologique basée dans l'analyse d'urine de six métabolites dialkylphosphates a été développée pour déterminer les niveaux d'exposition aux pesticides OP. Afin de contraster les résultats, un questionnaire a été développé pour recueillir des informations sur les caractéristiques sociodémographiques, la connaissance des mesures de sécurité dans la manutention des pesticides OP, les caractéristiques des méthodes d'application des pesticides ainsi que sur l'utilisation des EPP. Les échantillons d'urine ont été obtenus de 33 applicateurs de pesticides OP (31 hommes, 2 femmes). Pour participer à l'étude, il a été exigé d'avoir travaillé avec des pesticides et d'avoir habité à Majes au moins 2 ans avant l'étude. L'âge des répondants a été de 20 à 65 ans.

Les résultats montrent qu'il n'y a aucune différence entre les niveaux de métabolites trouvés dans les travailleurs agricoles peu importe l'utilisation ou non des EPP. Cela veut dire que les pratiques de sécurité des travailleurs agricoles étaient inappropriées.

**Cataño Hector C. et al. (2007)** ont étudié les variations des niveaux du plasma cholinestérase (PChE) dans le sang comme indicateur associé aux symptômes d'intoxication par exposition chronique aux pesticides organophosphorés (OPs), dans une population agricole au Pérou. Les pesticides OPs sont très utilisés dans pays en développement, tels que le Pérou. Ces pesticides comptent notamment le diméthoate, le chlorpyrifos et le malathion, en raison de leur bas coût et efficacité. À cet égard, un examen clinique et du sang a été développé dans un groupe de 213 travailleurs agricoles exposés et affectés à différentes activités (applicateurs, agriculteurs, assesseurs parasitaires, opérateurs de tracteurs, stockeurs et superviseurs) dans un 'fundo' ou entreprise agricole certifiée avec l'Eurep-GAP standard (Good Agriculture Practices) et un autre groupe de 78 travailleurs non exposés (groupe contrôle). La fréquence d'application des pesticides a été de 2 à 3 jours par mois avec une quantité moyenne d'application de 0.75 à 3.70 Kg ou L/ha. Les effets sur la santé des travailleurs agricoles ont été attribués aux pesticides (OPs) si, selon la littérature, trois symptômes ou plus liés à ceux-ci ont été observés par les médecins chargés des analyses cliniques. Les EPP ont été évalués compte tenu leur pertinence et usage adéquat.

Les résultats ne montrent aucune relation significative entre les variations des niveaux du plasma cholinestérase (PChE) dans le sang et les symptômes d'intoxication par exposition aux pesticides (OPs). Par rapport aux EPP, malgré que 2 de 3 travailleurs ont rapporté les avoir, les résultats montrent que leur utilisation semble être inappropriée en raison d'avoir rapporté des symptômes d'intoxication, à cause de leur utilisation occasionnelle ou du fait de ne pas avoir été porté correctement.

**Montoro Ymelda et al. (2009)** ont développé une étude descriptive sur les caractéristiques d'usage des pesticides et les risques liés à son exposition, notamment les pesticides organophosphorés mais aussi des organochlorés, et ce dans les provinces de Chupaca et Concepción, région de Junin au Pérou. Avec le soutien du Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) et de la Direction Régionale Agraire, trois sources d'information ont été consultées : les agriculteurs, 225 dans la province de Concepción et 210 à Chupaca; les centres à vente des produits agrochimiques ainsi que les centres de santé pour recueillir des données sur les cas d'intoxication. Le sondage a considéré six aspects : (1) des informations sur les répondants; (2) les caractéristiques des cultures et d'utilisation des pesticides; (3) les conditions d'application et sécurité au travail; (4) les conditions environnementales de la zone agricole; (5) le niveau d'information et formation en pesticides et (6) la perception du risque et des effets des pesticides dans la santé et l'environnement. Le questionnaire a été développé selon des experts et a été validé par des agriculteurs, lesquels ont été exclus de l'étude.

Les résultats montrent que les pesticides utilisés sont classés par l'OMS comme extrêmement dangereux. La quantité de pesticides utilisés par période agricole a été de 25,423 Kg à Chupaca et 9,655 Kg à Concepción. De plus, selon la Direction Générale Épidémiologique du Ministère de Santé (MINSa), les cas d'intoxication sont occasionnés par des pratiques sanitaires inappropriées, le manque de sécurité à l'égard des activités d'application de pesticides et d'élimination des conteneurs vides. Par rapport à la formation, 22% des agriculteurs à Concepción et 27% à Chupaca ont affirmé avoir reçu des informations sur les dangers de l'utilisation des pesticides. Toutefois, malgré cela, les agriculteurs ont manifesté avoir de la difficulté dans l'interprétation de l'information technique affichée dans les étiquettes. L'utilisation d'EPP est minimale à cause de l'inconfort de son utilisation pour des raisons de température et pratique. Par ailleurs, les résultats du sondage montrent que la durée moyenne d'application a été de trois heures avec une fréquence de trois à quatre fois par période agricole.

**Orozco Fadya A. et al. (2009)** ont mené un suivi d'adhésion au «Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides» (Code) de la «Food and Agriculture Organisation» (FAO) dans des pays de bas et moyens revenus, visant à réduire l'utilisation des pesticides extrêmement dangereux. L'adhésion aux articles du Code a été re-encadrée en termes des droits des travailleurs agricoles, en utilisant des indicateurs obtenus par collecte de données des groupes de discussion des travailleurs agricoles ainsi que de l'observation directe des magasins de vente de pesticides au Pérou et Équateur à l'égard de l'usage, distribution et gestion du risque des pesticides. Au Pérou, un total de 714 travailleurs des zones agricoles à Cañete (75), Huaral (89), Huancayo (160), San Martin (165) et Puno (225) ont été interviewés par rapport aux systèmes de production, usage et entreposage des pesticides «polluants organiques persistants» (POP), connaissance et usage actuel des pesticides -notamment le groupe Ia et Ib, selon la classification de l'OMS, sensibilisation des agriculteurs et application du «Integrated Pest Management» (IPM).

Les résultats montrent que les EPP offertes aux travailleurs agricoles sont de pauvre qualité, prix élevé, inconfortables et en disponibilité limitée. Le gouvernement péruvien ne favorise pas, exige ou contrôle la vente d'EPP. Ceux-ci sont des facteurs ajoutés à ceux culturels et expliquent que seulement 18% des travailleurs agricoles au Pérou utilisent les EPP. De plus, au Pérou, 80% des agriculteurs n'ont jamais écouté l'IPM, 65% n'ont jamais reçu de formation technique sur l'usage sécuritaire des pesticides et 74% des agriculteurs enquêtés ne sont pas capables de lier la couleur des étiquettes des pesticides et leur niveau de toxicité affichée autre qu'en espagnol, au détriment du Quechua et Aymara, langues parlées par 92% des agriculteurs à Puno. Cela est la raison pour laquelle seulement 54.6% des répondants au Pérou ont affirmé avoir reçu de l'information sur les mesures de sécurité sur les pesticides des vendeurs. Par ailleurs, l'entreposage de pesticides dans des lieux non sécuritaires est fait par 59% des agriculteurs péruviens, la plupart desquels utilisent des pesticides de classe Ia et Ib, selon la classification de l'OMS, soit des pesticides extrêmement dangereux, notamment les

insecticides organophosphorés et carbamates. Par rapport à la distribution, des enquêtes ont rapporté la vente de pesticides dans de petits conteneurs qui ne sont pas les originaux, et ce afin de cacher la date d'expiration des pesticides.

**Wagner Hammond et al. (2016)** ont étudié les facteurs qui expliquent l'utilisation de pesticides synthétiques dans les pays de l'Amérique Latine, notamment ceux extrêmement toxiques, ce qui a impliqué un coût élevé social et environnemental. Comparativement aux pesticides synthétiques, les techniques d'agriculture organique et le «Integrated Pest Management» (IPM) ont eu de faibles taux d'adoption. IPM est une stratégie qui intègre un contrôle biologique et synthétique en utilisant de multiples techniques et méthodes pour le contrôle des ravageurs visant à profiter aux agriculteurs (économiquement) et à la société (réduction du risque de sante publique) et l'environnement (Kogan, 1998, Parsa et al., 2014, Pag., 74). À cet effet, au Pérou, un total de 196 agriculteurs (142) à Mala et (54) à Omas ont été enquêtés en utilisant diverses méthodologies tels que le regroupement – intentionnel qui profite des informations préalables, boule de neige, soit à travers d'un réseau d'informateurs qui partagent le même profil recherché et de convenance c'est-à-dire choisi pour des raisons d'accessibilité et de coût, raison pour laquelle l'échantillon n'est pas considéré représentatif. Les variables évaluées ont été les types de pesticides et les quantités utilisées, les types de cultures sur lesquelles les pesticides ont été appliqués mais aussi l'historique familial sur les intoxications aigües. De plus, des données ont été groupées dans six catégories : (1) Les caractéristiques familiales, (2) Les problèmes de santé, (3) Les terres et bétail (4), Les activités agricoles (5), Les interactions externes et (6) Les associations agricoles.

Les résultats montrent que l'adoption des techniques d'agriculture organique et l'IPM sont difficiles à implémenter à cause du /de la: (1) manque d'information et/ou de formation sur les techniques d'agriculture organique (67%), (2) manque de ressources tels que l'argent, le temps (13%), (3) perception que les techniques d'agriculture

organique ne sont pas si effectives que les méthodes conventionnelles (11%), (4) manque de coordination parmi les agriculteurs, soit que les zones agricoles organiques seront touchées par celles conventionnelles (9%). Par contre, 82% des agriculteurs ont rapporté utiliser des pesticides synthétiques, notamment les carbamates (Ingrédient Active Methomyl) et les organophosphorés (IA Dimethoate, Methamidophos et Chlorpyrifos). L'industrie des pesticides synthétiques encourage leur utilisation par les coûts bas, leur facilité d'accès et le soutien technologique (Galt, 2008, Pag.72), mais aussi par leur effectivité pour le contrôle des ravageurs et l'augmentation du rendement des cultures.

Tableau 1.7 : Tableau synthèse de la recension des écrits

Sujet	Auteur	Méthodologie	Variables	Résultats
Matrices de risque	Anthony Cox (2008)	Étude de cas	Probabilité et sévérité de l'exposition	Si la corrélation entre ces deux variables est positive alors, les matrices de risque sont utiles pour la prise des décisions
	Levine (2012)	Comparaison	Echelles logarithmiques vs linéaires	Recommande d'utiliser l'échelle logarithmique
Gestion graduée du risque	Hashimoto et al. (2007)	Comparaison	Méthode de la GGR vs la méthode normalisée	La méthode de la GGR tend à fournir un niveau de risque plus élevé
	Zalk et al., (2009)	Étude de cas	Facteurs d'exposition et probabilité	Corrélation élevée entre la qualification du risque obtenue par la GGR et celle des experts
Classification des pesticides	Copplestone (1988)	Comparaison	Toxicité aigue : DL(50) vs Formulation : Ingrédient actif, Etat physique	Recommande de classer les pesticides par formulation soit, ingrédient actif, état physique
	Dosemeci et al., (2002)	Étude de cas	L'intensité de l'exposition déterminée par la fréquence d'utilisation, la méthode d'application, l'utilisation et réparation des EPP et le temps d'exposition exprimé par: la durée et fréquence d'exposition	Soit l'algorithme général ou plus détaillé; les résultats de l'évaluation de l'exposition sont les mêmes
	Alavanja et Hoppin (2004)		Information toxologique vs caractéristique de l'exposition	L'évaluation de l'exposition en utilisant des paramètres toxicologiques est une stratégie incomplète et très simplifiée de la réalité
	Onil, Dion et al., (2012)	Étude de cas	Facteur de persistance (Fper), Formulation (FPf), Compensation (FCP), Indice toxicologique (IRT)	Ces facteurs permettent de développer un algorithme visant à mesurer l'Indice de Risque pour la Santé (IRS)
L'évaluation de l'exposition	Fritschi et al., (1996)	Comparaison	Méthode d'auto évaluation vs l'évaluation par des experts en HI	La méthode d'auto évaluation implique des erreurs considérables de classification de l'exposition
	Wood et al., (2002)	L'expérimentation	Le niveau d'exposition ; la fréquence; la prévalence et le niveau de danger	Les résultats montrent que les calculs de l'exposition aux ingrédients actifs des pesticides sont consistents en comparaison à ceux obtenus par (Zweig G. et al.1985) ainsi que par (Simcox NJ. Et al, 1999) p. 868
	Acquavella et al., (2006)	Comparaison	Méthode développée par Dosemeci et al., vs la méthode de biopilotage	La méthode de Dosemeci et al. montre différents résultats dans l'évaluation de l'exposition, soit par type de formulation: liquides et granulaires mais aussi, par type de pesticide
	Ye et al., (2013)	Étude de cas	Expositiondermique vs exposition par inhalation	Dans le secteur de l'agriculture, l'exposition par inhalation ne représente que 10% de l'exposition.

## 1.2. L'état des connaissances

Selon (Drum,1980), rapporté par (Zacharia J., 2011 p. 5), les pesticides sont généralement classés par : le mode d'action, le ravageur ciblé et la composition chimique des pesticides. La classification du mode d'action se base sur la façon avec laquelle les pesticides agissent pour atteindre l'effet souhaité. Ils peuvent être des pesticides systémiques ou non systémiques selon la pénétration ou non à l'intérieur du système vasculaire de la plante. Les pesticides sont aussi classés par le type de ravageur ciblé, soit : insecticides qui détruisent ou repoussent les insectes, les tiques et les mites, les herbicides qui détruisent les mauvaises herbes ou les plantes indésirables, les fongicides qui détruisent les moisissures, le mildiou et autres champignons, etc. Finalement, basés sur la composition chimique, les pesticides sont classés dans quatre groupes principaux : les composés organochlorés, les organophosphates, les carbamates et thiocarbamates (Ils comprennent les insecticides, les herbicides et les fongicides) et les pyréthroïdes de synthèse. Cette dernière classification est régulièrement utilisée aux fins de recherche. Toutefois, le but dans le domaine de la sécurité et de l'hygiène industrielle est la classification des pesticides par sa toxicité tel que définie par l'EPA, l'OMS ainsi que l'IARC (tableaux 1.3, 1.4, 1.5 et 1.6)

Les pesticides sont formulés (préparés) sous forme liquide, solide ou gazeuse. Ainsi :

- Les formules liquides incluent les suspensions (suspensions concentrées), les solutions, les concentrés émulsifiables, les suspensions en micro-capsules et les aérosols.
- Les préparations solides comprennent les poussières, les particules, les granulés, les pastilles, les granules solubles, les poudres solubles, les appâts, les tablettes, les comprimés, les pâtes granulées et les poudres mouillables.
- Les pesticides gazeux sont généralement des fumigants (ils peuvent être vendus sous forme de liquide ou de gaz) (CCHST, 2010).

Peu d'informations sont disponibles sur les effets d'un mélange de plusieurs substances et ses effets sont difficilement prévisibles. L'exposition à de multiples substances actives peut entraîner des effets additifs, synergiques, potentialisateurs ou encore antagonistes.

De plus, l'exposition à d'autres composés (médicaments, résidus de divers polluants, etc.) est susceptible de modifier le métabolisme et les effets des pesticides, ce qui complique l'interprétation des effets observés en situation réelle d'exposition (Inserm, 2013, p. 945, 946). Alors, les effets d'une exposition à un mélange de pesticides restent extrêmement difficiles à mettre en évidence (Inserm, 2013, p. 853). De plus, le nombre considérable de xénobiotiques environnementaux, ajoutés à leurs effets combinés, rend impossible toute évaluation toxicologique réglementaire des mélanges (Inserm, 2013, p. 846).

Par ailleurs, Keifer et al. (2010) rapportent que la performance des vêtements de travail de coton dépend du type de pesticide, du type d'activité (mélange, charge ou application), du type d'appareil utilisé dans l'application des pesticides (Nigg HN et al., 1993) mais aussi, de la partie du corps exposée (Protano et al., 2009). Ainsi, par exemple : L'effectivité des vêtements de protection de coton pour réduire l'exposition aux pesticides est plus élevée dans l'activité de manutention, 81.3%, (Protano et al., 2009) vs les activités d'application, 53%, et de mélange des pesticides 45% (Nigg et al., 1986). D'ailleurs, la réduction de l'exposition aux pesticides est majeure dans la partie basse du corps, 91.9%, en comparaison à la partie au-dessus du corps, 81.3%.

L'exposition aux pesticides par inhalation concerne plus particulièrement certaines conditions spécifiques, comme la fumigation, la préparation ou l'application dans les milieux fermes (serres, silos, bâtiment d'élevage, etc.). L'importance de la voie respiratoire dépend des caractéristiques individuelles (respiration, activité physique, etc.) et des caractéristiques physico-chimiques des substances actives ainsi que des formules, qui faciliteront plus ou moins le passage des pesticides dans les alvéoles pulmonaires (aérosol solide, liquide, lipophilie, granulométrie, etc.) (Inserm, 2013, p. 866). Alors, la sélection des EPP respiratoires dépend de la formule, la toxicité et du type d'application des pesticides (Fishel, F. M., 2016 p. 1). Cinq types de masques ont été comparés visant à évaluer son effectivité pour réduire l'exposition : (1) le masque anti-poussières

nuisible, non approuvé par la NIOSH à cause du manque de protection contre les poussières dangereuses, gaz ou vapeurs des pesticides, il n'offre aucune protection ; (2) le masque de filtre à air antiparticules qui donne une certaine protection, soit minimale; (3) le masque à gaz et (4) le masque respiratoire à cartouches qui donne une bonne protection et finalement, (5) le respirateur à adduction d'air pur motorisé qui offre la meilleure protection (The Pennsylvania State University, 2008 p. 3).

Suite aux résultats obtenus dans la revue de la littérature, (Hashimoto et al., 2007), (Zalk et al., 2009), (Zalk et al., 2011) et (Lavoie et al., 2013) rapportent la convenance d'appliquer la GGR dans des secteurs aussi divers que le secteur pétrolier, la nanotechnologie, la construction et la santé. Ces résultats nous amènent à penser la pertinence d'appliquer la GGR afin d'évaluer et catégoriser le risque d'exposition aux pesticides d'une façon fiable, économique, pratique et facile à développer.

## CHAPITRE 2 : CONCEPTUALISATION DU PROBLÈME

### **2.1. La problématique**

Les pesticides sont des formules chimiques utilisées pour augmenter la productivité des cultures. Cependant, les études d'Alavanja et Hoppin (2004) ainsi que MacFarlane et al. (2013) démontrent que dans le milieu agricole, de nombreuses maladies occupationnelles sont occasionnées par l'exposition aux pesticides.

Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer l'exposition aux pesticides (Durham et Wolfe, 1962), (Davis, 1980), (Chester, 1993), (Van Hemmen et Brouwer, 1995); cependant, ces méthodes dépendent de techniques analytiques développées par du personnel bien entraîné ainsi que de l'utilisation d'équipements coûteux. Quant à la méthode d'évaluation de l'exposition, elle doit être économique et facile à utiliser (Blanco et al., 2008, p. 535).

L'évaluation de l'exposition est une tâche complexe qui peut être estimée : (1) en utilisant l'information toxicologique à court terme obtenue à partir de l'étude d'un scénario d'exposition contrôlé, basé dans l'administration d'un seul ingrédient actif dans animaux de laboratoire ou (2) en caractérisant l'exposition, c'est-à-dire à partir de l'étude des variables ou facteurs d'exposition en jeu. Alors, il est possible de développer un algorithme dans le but de caractériser l'exposition (Alavanja et Hoppin, 2004, p. 156), Docemeci et al., (2002) ainsi que Onil, et al., (2012) ont développé des algorithmes visant à caractériser l'exposition. Cependant, ces études sont incomplètes.

Alors, la revue de littérature a mis en évidence la pertinence d'apporter, aux études précédents, des variables non considérées dans la modélisation de la caractérisation de

l'exposition. Ensuite, ces variables ou facteurs de sévérité et probabilités d'exposition seront évaluées pour estimer et catégoriser le risque. Finalement, les résultats seront affichés sur une matrice de risque en respectant les principes méthodologiques pour sa construction.

## **2.2. Question générale de recherche**

Face à l'augmentation des dizaines d'ingrédients actifs et des centaines de formules chimiques des pesticides pour la plupart desquels les VLE n'ont pas encore été déterminés, l'évaluation de l'exposition aux pesticides devient complexe.

A cause de cet inconvénient, la GGR est utilisée comme une stratégie utile pour évaluer et contrôler les dangers des milieux occupationnels (NIOSH, 2009).

Dans ce contexte, la question générale de recherche peut être déjà posée :

Comment évaluer et catégoriser le risque d'exposition aux pesticides en utilisant la méthode de la GGR ?

## **2.3. Le but de la recherche**

Le but de ce travail est d'évaluer quantitativement et de catégoriser qualitativement le risque d'exposition aux pesticides en utilisant la méthode de la GGR.

Le risque peut être évalué par la caractérisation de deux facteurs majeurs, soit la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence.

Ces deux facteurs majeurs comportent de multiples variables; donc, la finalité visée est de choisir la combinaison de variables qui permettent de les définir de façon plus précise.

## **2.4. Les objectifs spécifiques de recherche**

- 1) Choisir et allouer des poids aux variables que définissent la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence, visant à évaluer quantitativement le risque d'exposition aux pesticides.
- 2) Définir les limites des catégories de la sévérité de l'exposition et de la probabilité

d'occurrence à échelle linéaire, visant à catégoriser qualitativement le risque d'exposition aux pesticides.

## **2.5. Problématique spécifique de recherche**

Il est peu probable qu'une méthodologie générique pour l'évaluation du risque puisse être applicable à tous les pesticides. Alors, il faut considérer le développement d'algorithmes par catégories de pesticides regroupés selon leur propriétés similaires physico chimiques, des formules et techniques d'application (Acquavella et al., 2006 ; Arbuckle et al., 2002, p. 73).

Le concept de durée d'utilisation des pesticides peut varier considérablement (Acquavella JF et al., 2003, p. 69) ; il peut varier selon le nombre d'acres traités (par exemple, de 10 à 439), des mélanges de pesticides (p. ex., de 1 à 14) ainsi que de la quantité d'ingrédients actifs de pesticide utilisé (p. ex., de 4 à 351 livres) (Mandel JS. Et al., 2005, p. 69).

Ces affirmations peuvent nous guider à poser les hypothèses de la recherche.

## **2.6. Hypothèses générale de recherche**

L'évaluation et la catégorisation du risque d'exposition aux pesticides dépendent de deux facteurs majeurs : (1) la sévérité de l'exposition et (2) la probabilité d'occurrence. Ces deux facteurs majeurs dépendent de multiples variables:

La sévérité de l'exposition dépend de la catégorie de pesticide avec propriétés physico chimiques similaires tels que la pénétration dermique et la pression de vapeur ; la formule ; les techniques d'application ; le type d'activité et l'utilisation des EPP. La probabilité d'occurrence dépend du nombre d'acres traités, des mélanges de pesticides et de la quantité d'ingrédients actifs de pesticides utilisés (Acquavella et al., 2006 p.73).

## **2.7. Hypothèses spécifiques de recherche**

1) Plus les poids alloués aux variables qui caractérisent la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence sont pertinents, plus le résultat de l'évaluation quantitative

du risque est élevé.

- 2) Plus la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence à l'échelle linéale sont subdivisées en catégories, plus la catégorisation qualitative du risque est précise.

## CHAPITRE 3 : LA METHODOLOGIE

### **3.1. La gestion graduée du risque**

Selon (Brouwer, DH., 2012) cité par (Lavoie et al., 2013, p. 6), il y a deux approches différentes de gestion graduée du risque pour caractériser le niveau d'exposition :

- 1) Le système par pointage qui permet de déterminer des points aux différents bandes puis de les additionner et
- 2) Le système binaire (oui/non) qui comporte un arbre décisionnel permettant de définir les bandes.

Pour le présent essai, le système de sommation des pointages alloués aux variables d'exposition aux pesticides a été choisi parce qu'il permet d'allouer des poids aux variables d'exposition, basés sur l'opinion des experts ainsi que sur la littérature scientifique. La sommation des pointages rendra possible d'évaluer quantitativement et qualitativement le risque d'exposition aux pesticides ainsi que de comparer des résultats avec d'autres méthodologies similaires dans le but de valider les résultats. Toutefois, (Zalk, D., et al., 2009, p. 1687) affirment que l'inconvénient majeur d'utiliser le système d'évaluation de risque par pointage est la détermination des poids pour les différents facteurs de risque. Malgré cet inconvénient, la GGR a montré des bons résultats dans l'évaluation et la catégorisation du niveau de risque dans des secteurs aussi divers que : le pétrolier, la nanotechnologie, la construction et la santé. (Hashimoto et al., (2007), Zalk, D., et al., (2009), Zalk et al., (2011), Lavoie, Jacques et al., (2013)).

### **3.2. La collecte de données**

Afin d'évaluer quantitativement et de catégoriser qualitativement le risque d'exposition aux pesticides par la méthode de la GGR, les instruments de mesure suivants ont été utilisés:

- 1) Un questionnaire administré à quatre experts en hygiène du travail, spécialistes de l'étude des variables d'exposition aux pesticides, visant à déterminer les poids des variables en jeu, basés autant sur l'information technique disponible que sur leur expérience.
  
- 2) Un questionnaire administré à 22 observateurs agricoles pour l'évaluation de l'exposition des agriculteurs consacrés à la culture des pommes de terre, impliqués dans les activités de mélange, charge et application des pesticides, ont été divisés en 2 groupes, soient 15 observateurs consacrés à la vente des pesticides dans la ville à Huaral et 7 ingénieurs agricoles du Service Nationale de Santé Agraire (SENASA) du Ministère d'Agriculture du Pérou affectés à la vallée de Chancay-Huaral.

### **3.3. Les participants**

Les participants sont quatre représentants des institutions gouvernementales, experts de l'étude de l'évaluation de l'exposition aux pesticides dans le milieu agricole. Une liste non exhaustive est présentée :

- 1) Samuel Onil, conseiller scientifique santé et environnement, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie (DSET), Institut national de santé publique du Québec (INSPQ).
- 2) Jacques Lavoie, chercheur à l'IRSST depuis 1982.
- 3) Ludovic Tuduri, chercheur à l'IRSST depuis 2011 dans le Service de prévention des risques chimiques et biologiques et professeur adjoint à l'Université de Montréal.
- 4) Caroline Jolly, professionnelle scientifique à l'IRSST depuis 2012.

### **3.4. L'échantillon**

Au Pérou, la vallée de Chancay-Huaral dans la Région Lima est une des zones agricoles de productivité majeure pour la culture des pommes de terre, notamment la variété Perricholi. À cette vallée, la culture des pommes de terre est concentrée dans la petite et moyenne agriculture, représentant 80.9% du total d'unités agricoles, soit 76.8% de la

surface totale (Ministère d'Agriculture, 2008, Pag. 6). Toutefois, la productivité de cette culture dépend de l'utilisation des pesticides tel qu'affiché dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Les ingrédients actifs les plus utilisés pour la production des pommes de terre

Type de pesticides		Productivité de la culture des pommes de terre		
		Variété Perricholi		
		Bas < 25 Tn/Ha	Moyen De 25 à 30 Tn/Ha	Elevé >30Tn/Ha
Ingrédient actif	Insecticides	Tamaron 600 SL Cipermex Patron 75 wp Abamec	Tamaron 600 SL Patron 75 wp Abamec	Trigard Spider
	Herbicides	Sencor	Sencor	Sencor
	Fongicides	Antracol Fitoraz 76%	Curathane Dithane F-MB PM	Antracol

Source : .Bulletin de l'étude de rentabilité de la culture des pommes de terre. Vallée Chancay, Huaral. Programme des services de soutien pour accéder aux marchés rurales (PROSAAMER). Ministère d'Agriculture, 2008, Lima Pérou.

Au niveau national, les pommes de terre est la culture transitoire la plus importante avec une surface cultivée de 367,692 Ha, selon l'Institut National de Statistiques et Informatique (INEI) - IV Recensement National Agricole 2012, Page 9. Alors, la culture des pommes de terre à la vallée de Chancay-Huaral sera utilisée comme culture d'échantillon, pour l'évaluation du risque d'exposition aux pesticides.

### 3.5. Les variables de la sévérité de l'exposition

#### 1. Catégorie du pesticide

(Nigg HN et al., 1993, p. 86); Daniels et al. (2001); Arbuckle et al., (2002) ainsi que Acquavella et al. (2006) affirment que l'exposition dépend de la catégorie des pesticides avec des propriétés physico chimiques similaires, soit :

Variable : **FUNCLAS** (NIOSH, 2015, p.33)

Définition : Classification fonctionnelle des pesticides

Tableau 3.2 : Classification fonctionnelle des pesticides

01 = Insecticide (excluding solely IGR and fumigants)
02 = Insect Growth Regulator (IGR)
03 = Herbicide/algicide
04 = Fungicide
05 = Fumigant
06 = Rodenticide
07 = Disinfectant/Broad Spectrum for Water Sanitation
08 = Insect Repellent
09 = Antifouling agent (marine paints)
10 = Insecticide and Herbicide (01 & 03)
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)
13 = Insecticide and Other (01 & 96)
14 = Herbicide and Fungicide (03 & 04)
96 = Other (includes biological controls, plant growth regulators, antibiotics, etc.)
97 = Multiple (product is classified as multiple classes which do not fit in any of the codes specified in codes 10-14)
99 = unknown

Source: (NIOSH, 2015 p. 33) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury.

## 2. Formule

Copplestone (1988); Daniels et al. (2001); Acquavella et al. (2006) ainsi que Damalas et Eleftherohorinos (2011) affirment que l'exposition dépend du type de formule des pesticides, c'est-à-dire :

Variable : **FORM** (NIOSH, 2015, p. 34)

Définition : Indique la formule physique du produit

Tableau 3.3 : Formule physique du produit

01 = Dust/powder (not pressurized)
02 = Granular/Flake
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette
04 = Wettable Powder/dust
05 = Impregnated material (ant/plant stakes, animal collars, water filters, solid agar)
06 = Other dry formulation (crystalline, water dispersible granules, pressurized dust)
07 = Microencapsulated
08 = Emulsifiable concentrate
09 = Soluble concentrate
10 = Flowable concentrate
11 = Pressurized liquid/spray/fogger - Include aerosol spray cans
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution
13 = Other liquid FORMULATION
14 = Pressurized Gas/Fumigant
16 = Other
99 = Unknown

Source: (NIOSH, 2015 p. 34) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury.

### 3. Techniques d'application

L'exposition dépend des techniques ou méthodes d'application des pesticides. (Rutz et Kreiger, 1992, p. 86); (Nigg HN et al., 1993, p. 86); Dosemeci et al. (2002); Acquavella et al. (2006); (Hoppin, J.A. et al., 2006, p. 6445)

Variable : **EQUIPMEN** (NIOSH, 2015, p. 17)

Définition : Décrit le type d'équipement ou la méthode d'application utilisée pour l'application des pesticides.

Tableau 3.4 : Type d'équipement ou méthode d'application

01 = aerial application equipment (fixed wing or helicopter)
02 = chemigation (application through irrigation system)
03 = pressurized can
04 = aerosol generator or fogger (thermal or cold)
05 = soil injector
06 = high pressure fumigator
07 = handheld granular or dust applicator
08 = spray line, hand held
09 = sprayer, backpack
10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer
11 = low-pressure ground sprayer not otherwise specified
12 = manual placement
13 = dip tank or tray
14 = more than one type of application equipment used
15 = This code is deliberately left blank. Prior to 2016 it was the code for "other".
16 = total release fogger or aerosol bomb
17 = high pressure ground sprayers
18 = ozone generator.
19 = other chemical generator.
20 = heat generator.
97 = other, this includes all other equipment such as non-handheld mechanical granule applicators, etc.
99 = unknown

Source: (NIOSH, 2015 p. 17) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury.

#### 4. Le type activité

L'exposition dépend du type d'activité développée. Daniels et al. (2001); Dosemeci et al. (2002); Wood et al., (2002); (Fenske,R.A. et al., 2005 p. 1406).

Variable : **ACTEXPIND** (NIOSH, 2015, p. 15)

Définition : Type d'activité ou tâche développée au moment de l'exposition.

Tableau 3.5 : Type d'activité développée au moment de l'exposition

01 = Applying pesticide
02 = Mixing/loading pesticide
03 = Transport or disposal of pesticide Transport includes activities involved with movement of pesticide or pesticide waste by vehicle or hand during the time interval from after the product is loaded (into application equipment, or truck, railcar or other transport vehicle) until it reaches the destination for unloading, application, or disposal. Note that activities involving unloading, stocking retail shelves, etc. fall into code 08. The activity of loading pesticides falls into code 02.
04 = Repair or maintenance of pesticide application equipment
05 = Any combination of activities 01-04
06 = Involved in manufacture or formulation of pesticide
07 = Emergency response
08 = Routine work activity not involved with pesticide application (includes exposure to field residue)
09 = Routine indoor living activities not involved with pesticide application
10 = Routine outdoor living activities not involved with pesticide application
11 = Application to self or another human of a pesticide intended to be used on human skin hair or clothing (code added effective 1/1/2006. Prior to that date, guidance indicated that these exposures should be coded as normal working or living activities [i.e. codes 08 or 09].)
98 = Not applicable
99 = Unknown

Source: (NIOSH, 2015 p. 15) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury.

## 5. Utilisation des EPP

L'utilisation des EPP réduit la surexposition aux pesticides. (Putnam et al., 1983, p.86); (Nigg HN et al., 1986, p. 86); (Fenske et al., 1987, p. 86); Dosemeci et al. (2002); Jagt et al. (2004); (Hoppin, J.A. et al., 2006, p. 6445); Protano et al. (2009); Espanhol-Soares et al. (2013)

Variable : **PPETYPE 1-25** (NIOSH, 2015, p. 17)

Définition : Types de PPE utilisés par des travailleurs exposés au moment de l'exposition.

Tableau 3.6 : Types d'EPP

01= PPETYPE1 (CRESP_SA) Respirator (Supplied Air/SCBA)
02= PPETYPE2 (CRESP_ORG) Respirator (Organic Vapor Respirator)
03= PPETYPE3 (CRESP_PART) Respirator (Particulate Respirator including N95 and N99)
04= PPETYPE4 (CDUSTMASK) Dust mask/bandana
05= PPETYPE5 (CRESP_OTH) Other respiratory protection
06= PPETYPE6 (CEYE_FFR) Full Face Respirator
07= PPETYPE7 (CEYE_FS) Face shield
08= PPETYPE8 (CEYE_G) Chemical Goggles
09= PPETYPE9 (CEYE_SG) Safety Glasses
10= PPETYPE10 (CEYE_OTH) Other eye protection
11= PPETYPE11 (CGLOVES_SYN) Gloves (Chemical resistant gloves)
12= PPETYPE12 (CGLOVES_NAT) Gloves (Cloth or Leather)
13= PPETYPE13 (CGLOVES_OTH) Other hand protection
14= PPETYPE14 (CCLOTH_SHIRT) Long Sleeve Shirt
15= PPETYPE15 (CCLOTH_PANT) Long Pants
16= PPETYPE16 (CCLOTH_COVER) Coveralls
17= PPETYPE17 (CCLOTH_CHEMS) Chemical Resistant Suits
18= PPETYPE18 (CCLOTH_CHEMA) Chemical Resistant Apron
19= PPETYPE19 (CBOOTS) Rubber/chemically resistant boots
20= PPETYPE20 (CCHEMH) Chemical Resistant Headgear
21= PPETYPE21 (CHEAD) Non-Chemical Resistant Headgear
22= PPETYPE22 (CCLOTHING) Other clothing/headgear protection
23= PPETYPE23 (CENG_CLOSE) Engineering Controls (Closed System)
24= PPETYPE24 (CENG_CAB) Engineering Controls (Enclosed Cab)
25= PPETYPE25 (CENG_OTH) Other Engineering Controls

Source: (NIOSH, 2015 p. 17) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury.

### 3.6. Les variables de la probabilité d'occurrence

#### 1. Nombre d'hectares traités

La fréquence d'exposition dépend du nombre d'acres ou ha traités (Acquavella JF et al., 2003, p. 69).

Variable : **Ha\_TREATED**

Définition : Nombre total d'unités (hectares) sur lesquelles le pesticide a été appliqué.

Selon le Ministère d'Agriculture, 2008, Page 6, la plupart des unités agricoles à Chancay – Huaral, consacrées à la production des pommes de terre, sont concentrées dans la petite et moyenne agriculture, soit : la petite exploitation agricole (< 3 Ha), la petite

agriculture (3.0 – 9.9 Ha) et la moyenne agriculture (10.0 – 49.9 Ha). Toutefois, les pesticides ne sont pas appliqués dans toute la superficie disponible. Alors, la taille des cultures peut être classée ainsi :

Tableau 3.7 : Classification de la taille de cultures traitées avec pesticides à la vallée de Chancay – Huaral

Taille des cultures (Ha)	C1=2	C2=4	C3=6	C4=8	C5=10
	< 3.0	3.0-9.9	10.0-19.9	20.0-49.9	50.0-100.0

## 2. Nombre de mélanges des pesticides

La fréquence d'exposition; l'exposition dépend du nombre de mélanges des pesticides (Acquavella JF et al., 2003, p. 69).

Variable : **NMIX**

Définition : Nombre de mélanges des pesticides.

Seules les substances actives ayant le même mécanisme d'action toxique (notamment les triazoles) font l'objet d'une évaluation du risque, tout en faisant abstraction de possibles interactions entre substances (Inserm, 2013 p. 847). De plus, de nombreuses études expérimentales montrent que certains mélanges peuvent exercer des effets cumulatifs et/ou dépendants de la dose lorsque les composés du mélange ont pour cible un même tissu relatif aux perturbations endocriniennes et à la fonction de reproduction (Inserm, 2013 p. 848).

Bref, l'effet cumulatif des mélanges des pesticides dépend de la dose d'exposition et du type de mécanisme d'action toxique des composants. Selon (Inserm, 2013 p.942), la probabilité qu'un mélange de pesticides puisse avoir un effet additif est de 75% versus le 25% de probabilité que le mélange ait un effet antagoniste. Alors, en absence d'information précise, il n'est pas possible catégoriser l'exposition par exposition à un mélange de pesticides. Dans ce contexte, il est pertinent d'allouer 75% du pointage maximal de l'échelle d'évaluation du risque, tel que convenu par (Zalk, D., et al., 2009, p. 1688).

### 3. Quantité de l'ingrédient actif

La fréquence d'exposition dépend de la quantité de l'ingrédient actif appliqué (Acquavella JF et al., 2003, p. 69).

Variable : **QTY IA**

Définition : Livre de l'ingrédient actif par acre appliqué.

Selon FAO, 2017. FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), pour l'année 2014 au Pérou, l'utilisation moyenne de pesticides dans la superficie cultivée a été de 3.77 Kg/Ha. Toutefois, dans le cas de la production des pommes de terre, la consommation moyenne des insecticides a été 0.91 Kg-L/Ha, de 3.76 Kg-L/Ha pour les fongicides et de 0.7 Kg-L/Ha d'herbicides, selon le Ministère de l'Agriculture, 2008, Pages 15-17. Alors, la quantité de pesticides appliqués par Ha peut être classée ainsi :

Tableau 3.8 : Consommation d'ingrédients actifs

Kg ou L d'IA par Ha	C1=2	C2=4	C3=6	C4=8	C5=10
	0.0-0.49	0.5-0.99	1.0-1.49	1.5-1.99	>2.0
Cas Particulier <sup>(1)</sup>	06= Quantité de l'ingrédient actif (non fumigène) > 90 Kg				
	07= Quantité de l'ingrédient actif (fumigène) > 450 Kg				

<sup>(1)</sup> Valeurs limites établies par (CDPR, 2012 p.91)

### 3.7. L'échelle de l'intervalle des variables du risque d'exposition

Cette échelle vise à évaluer quantitativement et catégoriser qualitativement le risque d'exposition aux pesticides; une échelle linéale de (5) cinq intervalles, correspondant aux variables de sévérité de l'exposition et à la probabilité d'occurrence. Elle a été définie ainsi:

Tableau 3.9 : Échelle de l'intervalle de la sévérité et probabilité

Echelle de l'intervalle de la sévérité de l'exposition					
Quantitative	0-7	8-14	15-21	22-28	29-35
Qualitative <sup>(1)</sup>	peu probable	basse	modérée	très haute	mortel

<sup>(1)</sup> Source: (NIOSH, 2015, p. 60), variable SEVERITY (CSEVERITY)

Echelle de l'intervalle de la probabilité d'occurrence					
Quantitative	0-6	7-12	13-18	19-24	25-30
Qualitative <sup>(2)</sup>	peu probable	suspect	possible	probable	certain

<sup>(2)</sup> Source: (NIOSH, 2015, p. 59), variable STATUS (CSTATUS)

### 3.8. L'évaluation quantitative du risque

L'algorithme développé par (Dosemeci et al., 2002, p. 250-251) pour l'évaluation quantitative du risque est basé sur la détermination des poids alloués aux variables d'exposition, soit l'opinion des experts, soutenue par la littérature scientifique et l'information disponible dans le Pesticide Handlers Exposure Database (PHED), la base de données développée par l'United States Environmental Protection Agency (US-EPA) en association avec le Health and Welfare Canada et l'American Crop Protection Association. Cependant, le résultat de la recherche développée par Lunchick, C., et al., (2005) montre que le PHED a une tendance à surestimer l'exposition aux pesticides de 26 à 51 fois, en comparaison aux résultats de l'exposition obtenue par la méthode du bio pilotage. De plus, (Coble, J., et al., 2011 p. 4620) affirment que l'information recueillie par le questionnaire développé par Dosemeci et al., (2002) a limité la quantité et le type de variables qui ont pu être incluses dans l'algorithme. Alors, un algorithme alternatif pour la caractérisation et l'évaluation quantitatives de l'exposition peut s'exprimer ainsi :

$$\text{RISQUE} = [\text{SEVERITE}] * [\text{PROBABILITE}]$$

Où

$$[\text{SEVERITE}] = ([\text{FUNCLAS}] + [\text{FORM}] + [\text{EQUIPMEN}] + [\text{ACTEXPIND}]) * ([\text{PPETYPE}])$$

$$[\text{PROBABILITE}] = ([\text{Ha\_TREATED}] + [\text{NMIX}] + [\text{QTY IA}])$$

### 3.9. La catégorisation qualitative du risque

Qualitativement, le risque d'exposition aux pesticides a été catégorisé dans (5) cinq catégories tel qu'affiché ci-dessous

Tableau 3.10 : Échelle de risque de l'exposition aux pesticides

Quantitative	0-42	43-168	169-378	379-672	673-1050
Qualitative <sup>(3)</sup>	faible	léger	modéré	élevé	extrêmement élevé
Zone					

<sup>(3)</sup> Source: (CRAAQ), SAgE Pesticides

À partir de la catégorisation qualitative, une matrice de risque a été construite en respectant les principes méthodologiques pour sa construction telle que définie par Antony Cox (2008) et Ni Chen et Chen (2010).

Figure 3.1 : Matrice de risque d'exposition aux pesticides

Sévérité de l'exposition	Mortelle 29-35					
	Très Haute 22-28					
	Modérée 15-21					
	Basse 8-14					
	Peu Probable 0-7					
	Peu Probable 0-6	Suspecte 7-12	Possible 13-18	Probable 19-24	Certaine 25-30	
	Probabilité d'occurrence					

## CHAPITRE 4 : LES RÉSULTATS, ANALYSE ET DISCUSSION

Les résultats présentés dans ce chapitre découlent de l'enquête par questionnaire qui a été administrée à chacun des deux groupes de participants. Le premier questionnaire (Annexe A) a été administré au groupe de chercheurs dans les domaines tels que la toxicologie, la santé, la sécurité et l'hygiène au travail, la prévention de risques chimiques et l'ergonomie -notamment dans le secteur de l'agriculture- et permet, selon le premier objectif de cette étude, d'allouer du poids et de valider les variables qui définissent la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence. Le deuxième questionnaire (Annexe B), administré aux observateurs agricoles, montre le profil de risque des agriculteurs consacrés à la culture des pommes de terre, et ce en utilisant un algorithme défini pour l'évaluation de la sévérité de l'exposition et la probabilité d'occurrence permet d'estimer la valeur quantitative du risque et de catégoriser qualitativement le risque d'exposition aux pesticides, deuxième objectif de la présente étude. Les deux questionnaires, soit celui des experts en hygiène du travail et celui des observateurs agricoles, ont été remplis de façon électronique en utilisant le logiciel SurveyMonkey.

### **4.1. Le profil de risque des agriculteurs à Chancay-Huaral**

Les données du profil de risque des agriculteurs dans la vallée de Chancay-Huaral ont été collectées à travers un questionnaire administré à 22 observateurs agricoles, divisés en 2 groupes, soit 15 observateurs consacrés à la vente des pesticides dans la ville à Huaral et 7 ingénieurs agricoles du Service Nationale de Santé Agraire (SENASA) du Ministère d'Agriculture du Pérou affectés à la vallée de Chancay-Huaral. La plupart des observateurs, soit 57.14% (12), ont rapporté une expérience de plus de 5 ans en agriculture. De plus et selon des observateurs, 81.82% (18) des agriculteurs n'ont

aucune formation en agriculture. Toutefois, 86.37% (19) ont une expérience en agriculture de plus de 10 ans. Par rapport à l'usage de pesticides, les résultats de l'enquête montrent que 54.55% (12) ont une expérience de plus de 10 ans et que 86.36% soit 19 des agriculteurs ont reçu quelque type de formation, la plupart des entreprises chargées de la commercialisation des pesticides et non des organisations gouvernementales.

Par rapport au type de pesticide utilisé dans la culture des pommes de terre, les insecticides les plus utilisés sont : le trigard (36.36%), le patron 75wp (27.27%), le cipermax (22.73%), le tamaron 600 sl (18.18%), le spider (18.18%), l'abamec (13.64%) ; les herbicides : le sencor (68.18%) est le plus utilisé, mais il y a aussi d'autres herbicides utilisés en moindre proportion tels que le glifosate; les fongicides : le fitoraz (36.36%), le dithane F-MB PM (18.18%), l'antracol (13.64%), le curathane (4.55%) parmi d'autres fongicides de moindre usage tels que l'attack.

À l'égard du type de formule des pesticides utilisés par des agriculteurs, les observateurs ont rapporté, selon l'ordre de préférence, le poussière/poudre mouillable 40.91% (9), le concentré émulsionnable 40.91% (9), le poussière/poudre (non pressurisé) 36.36% (8), le concentré soluble 31.82% (7), le granuleux/écaille 13.64% (3), le liquide/solution prêt à l'emploi 13.64% (3), boulettes/Tablettes/briques/briquettes ainsi que le concentré fluide 9.09% (2) et le gaz/fumigant pressurisé 4.55% (1).

En ce qui concerne les méthodes d'application des pesticides les plus importantes, ce sont : le pulvérisateur à main d'air comprimé ou poussée-traction, pompe de déclenchement 72.73% (16), le pulvérisateur, sac à dos 50% (11), le bidon pressurisé 4.55% (1), le positionnement manuel 4.55% (1) et plus d'un type d'équipement utilisé 4.55% (1).

Par ailleurs, le type d'activités dans lesquelles participent les agriculteurs est le

mélange et charge de pesticides 90.91% (20), l'application de pesticides 50% (11), le transport ou élimination des pesticides 18.18% (4), réparation ou entretien d'équipements d'application de pesticides 13.64% (3) et n'importe quelle combinaison des activités précédentes 13.64% (3).

Finalement et par rapport aux EPP, la plupart des agriculteurs 50% (11) n'utilise aucun type d'appareil respiratoire, 31.82% (7) utilise le masque anti poussière / bandana tandis que le respirateur (Respirateur à particules comprenant N95 et N99) est utilisé par 9.09% (2). Par rapport aux équipements de protection oculaire, 86.36% (19) n'utilise aucun type de protection, les lunettes chimiques est utilisé par 9.09% (2) et seulement 4.55% (1) utilise lunettes de protection. Les gants du type (gants résistant aux produits chimiques) sont utilisés par 27.27% (6) ; par contre, 72.73% (16) n'utilise aucun type de protection pour les mains. Les vêtements de travail, notamment la chemise à manches longues, est utilisée par 77.27% (17), les pantalons longs par 81.82% (18), les combinaisons par 9.09% (2), le tablier résistant aux produits chimiques par 9.09% (2) et le costume résistant aux produits chimiques par 4.55% (1). Les bottes de travail en caoutchouc résistant aux produits chimiques sont utilisées par 45.45% (10), d'autres types tels que les chaussures de tennis par 40.91% (9) et aucun type de protection, soit pieds nus, par 13.64% (3). La plupart des agriculteurs, 90.91% (20), utilise la casquette du type de baseball et 9.09% (2) d'eux utilise le casque ne résistant pas aux produits chimiques.

Selon la taille des cultures, 22.73% (5) ont rapporté des cultures de moins de 3 Ha ; 45.45% (10) de 3 à 9.9 Ha ; 18.18% (4) de 10 à 19.9 Ha ; 9.09% (2) de 20 à 49.9 Ha ; et 4.55% (1) de 50 à 100 Ha. De plus, les observateurs enquêtés ont rapporté que 100% des agriculteurs font des mélanges de pesticides, notamment du type insecticide et fongicide 86.36% (19) et du type insecticide et herbicide et fongicide 13.64% (3). Finalement, la quantité de pesticides appliqués par Ha exprimé en Kg-L/Ha a été rapportée ainsi : moins de 2.0 Kg-L/Ha, insecticides 77.27% (17), fongicides 68.18%

(15) et herbicides 86.36% (19).

#### 4.2. L'évaluation quantitative du risque

Afin de valider les hypothèses générale et spécifique de recherche présentées dans le chapitre 3, les variables d'exposition proposées et les poids alloués par les chercheurs M. Jacques Lavoie ainsi que M. Samuel Onil et Ludovic ont été validées (Annexe A) et les résultats quantitatifs ont été confrontés. Ainsi, les résultats quantitatifs obtenus en utilisant les poids alloués par M. Samuel Onil et Ludovic sont affichés dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Résultats quantitatifs de la sévérité, la probabilité et du risque d'exposition (M. Onil et Ludovic)

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE	RISQUE
1	VENTE	28.9	21.5	621.4
2	VENTE	29.8	21.5	639.6
3	VENTE	16.5	25.5	421.1
4	VENTE	25.8	21.5	553.6
5	VENTE	21.3	21.5	458.7
6	VENTE	28.9	19.5	563.6
7	VENTE	24.5	19.5	478.3
8	VENTE	20.4	21.5	438.6
9	VENTE	21.0	19.5	409.5
10	VENTE	22.7	21.5	487.3
11	VENTE	25.0	19.5	487.5
12	VENTE	29.8	19.5	580.1
13	VENTE	23.1	21.5	496.3
14	VENTE	18.1	21.5	388.8
15	VENTE	25.3	23.5	593.4
16	SENASA	29.3	25.5	745.9
17	SENASA	16.8	19.5	327.6
18	SENASA	27.3	21.5	585.9
19	SENASA	23.2	19.5	452.4
20	SENASA	24.7	21.5	531.5
21	SENASA	27.8	23.5	652.1
22	SENASA	24.7	27.5	677.9

Il faut remarquer que les poids de la variable type de pesticide ont été alloués par M. Ludovic, alors que les poids des (04) quatre autres variables qui définissent la sévérité de l'exposition, soit la formule, les techniques d'application, le type d'activité et l'utilisation des EPP ont été alloués par M. Onil. De même, le tableau 4.2 présente les résultats quantitatifs obtenus en utilisant les poids alloués par M. Jacques Lavoie à chacun des 22 participants.

Tableau 4.2 : Résultats quantitatifs de la sévérité, la probabilité et du risque d'exposition (M. Lavoie)

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE	RISQUE
1	VENTE	20.4	21.5	438.6
2	VENTE	20.4	21.5	438.6
3	VENTE	8.9	25.5	228.2
4	VENTE	18.9	21.5	405.3
5	VENTE	17.6	21.5	377.3
6	VENTE	21.1	19.5	412
7	VENTE	16.8	19.5	328
8	VENTE	14.6	21.5	313.9
9	VENTE	14.4	19.5	280.8
10	VENTE	17.9	21.5	384.5
11	VENTE	17.4	19.5	339.3
12	VENTE	19.7	19.5	383.6
13	VENTE	17	21.5	365.5
14	VENTE	10.6	21.5	228.6
15	VENTE	17.6	23.5	413.8
16	SENASA	18.4	25.5	470.2
17	SENASA	10.8	19.5	210.2
18	SENASA	18	21.5	387.9
19	SENASA	19.6	19.5	383
20	SENASA	18.4	21.5	395.5
21	SENASA	20	23.5	469.4
22	SENASA	21.1	27.5	581

Les résultats quantitatifs du risque d'exposition aux pesticides obtenus, à partir des poids alloués par (M. Onil et Ludovic) ainsi que par (M. Lavoie) ont statistiquement été comparés en utilisant le logiciel MINITAB 18.

La valeur quantitative moyenne du risque d'exposition par (M. Onil et Ludovic) a été de 526.87 avec un I.C. à 95% (480.56, 573.17), Figure 4.1. Par contre, la valeur quantitative moyenne du risque d'exposition par M. Lavoie a été de 374.32 avec un I.C. à 95% (335.69, 412.96), Figure 4.2, soit une estimation du risque d'exposition plus élevée par les poids alloués par M. Onil et Ludovic, en comparaison à la valeur du risque estimée par les poids alloués par M. Lavoie. La différence de la valeur du risque d'exposition moyenne a été de 152.5 avec un I.C. à 95% (93.9, 211.1), tel qu'affiché dans les résultats du test t-student tableau 4.3 ainsi que la figure 4.3.

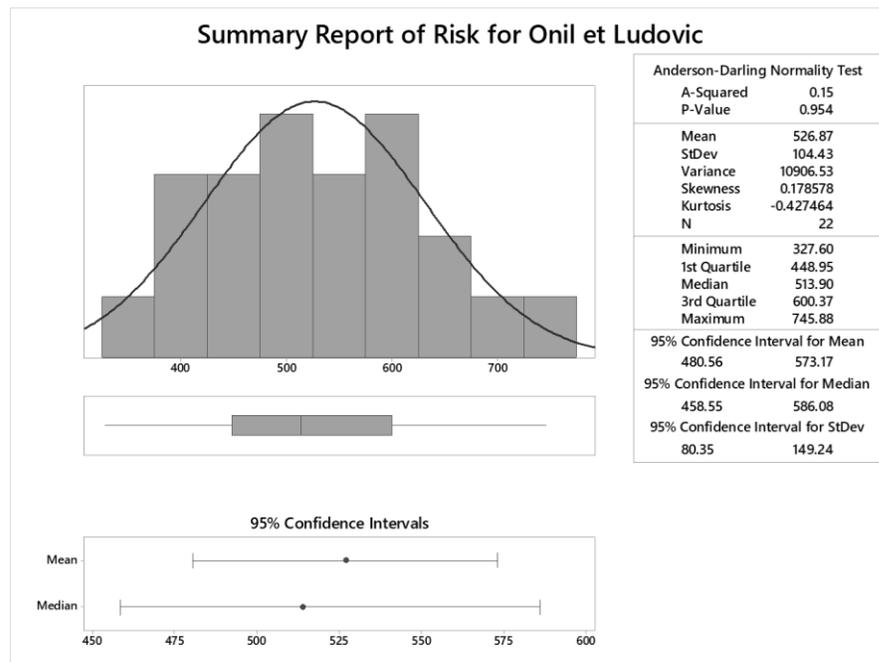


Figure 4.1 : Résumé statistique du risque d'exposition par M. Onil et Ludovic

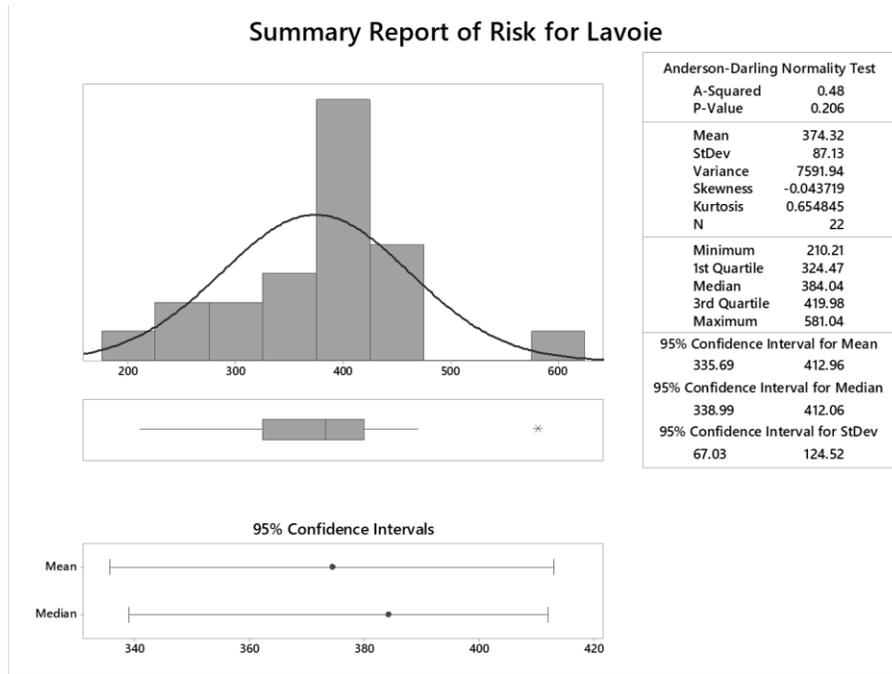


Figure 4.2 : Résumé statistique du risque d'exposition par M. Lavoie

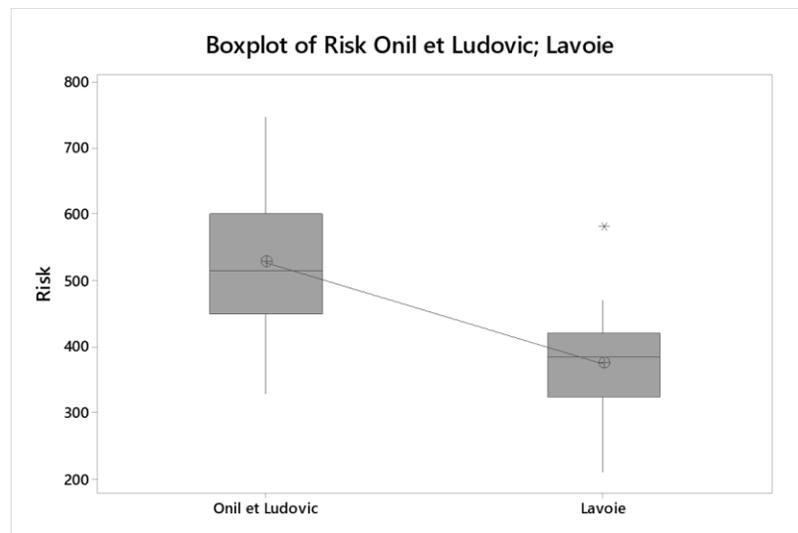


Figure 4.3 : La boîte à moustaches comparativement au risque d'exposition

La différence des estimations moyennes du risque d'exposition aux pesticides entre les poids alloués par M. Onil et Ludovic vs M. Lavoie ont été comparées afin de déterminer si elle est statistiquement significative. Les résultats du test t-student montrent que pour un niveau de signification de 0.05, la différence des moyennes d'estimation du risque semble être statistiquement significative,  $p=0.000 < 0.05$ . Alors, l'hypothèse nulle est rejetée et il est conclu que les moyennes sont différentes.

Tableau 4.3 : Test t-student

Two-Sample T-Test and CI: Onil et Ludovic; Lavoie  
Method

$\mu_1$ : mean of Onil et Ludovic

$\mu_2$ : mean of Lavoie

Difference:  $\mu_1 - \mu_2$

*Equal variances are not assumed for this analysis.*

## Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Onil et Ludovic	22	527	104	22
Lavoie	22	374.3	87.1	19

## Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
152.5	(93.9; 211.1)

## Test

Null hypothesis  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis  $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
5.26	40	0.000

### 4.3. L'évaluation qualitative du risque

Les résultats de l'évaluation quantitative pour chacun des 22 participants affichés dans le tableau 4.1 (M. Onil et Ludovic) et tableau 4.2 (M. Lavoie) ont été catégorisés qualitativement en prenant comme référence le tableau 3.9 qui permet de faire la correspondance entre la valeur quantitative et la catégorisation qualitative, autant de la sévérité de l'exposition aux pesticides que de la probabilité d'occurrence.

Tableau 4.4 : Les résultats qualitatifs obtenus par les poids d'Onil et Ludovic

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE
1	VENTE	Très Haute	Probable
2	VENTE	Mortelle	Probable
3	VENTE	Modérée	Certaine
4	VENTE	Très Haute	Probable
5	VENTE	Modérée	Probable
6	VENTE	Très Haute	Probable
7	VENTE	Très Haute	Probable
8	VENTE	Modérée	Probable
9	VENTE	Modérée	Probable
10	VENTE	Très Haute	Probable
11	VENTE	Très Haute	Probable
12	VENTE	Mortelle	Probable
13	VENTE	Très Haute	Probable
14	VENTE	Modérée	Probable
15	VENTE	Très Haute	Probable
16	SENASA	Mortelle	Certaine
17	SENASA	Modérée	Probable
18	SENASA	Très Haute	Probable
19	SENASA	Très Haute	Probable
20	SENASA	Très Haute	Probable
21	SENASA	Très Haute	Probable
22	SENASA	Très Haute	Certaine

Ainsi, le tableau 4.4 montre les résultats qualitatifs obtenus à partir des poids alloués par M. Onil et Ludovic. Plus précisément, l'option tableau à entrées multiples du logiciel Minitab 18 permet de faire le dénombrement de la catégorisation qualitative de la

sévérité de l'exposition, soit des niveaux Modéré, Très Haut et Mortel ainsi que des niveaux de la probabilité d'occurrence, c'est-à-dire : probable et certaine.

Tableau 4.5 : Dénombrement des valeurs de la catégorisation qualitative

Tabulated Statistics: PROBABILITE; SEVERITE

Rows: PROBABILITE Columns: SEVERITE

	Modéré	Très Haut	Mortel	All
Certaine	1	1	1	3
%	4.55	4.55	4.55	13.64
Probable	5	12	2	19
%	22.73	54.55	9.09	86.36
All	6	13	3	22
%	27.27	59.09	13.64	100

Cell Contents

Count

% of Total

Pour la sévérité, les résultats montrent une concentration de la catégorisation de la qualification dans le niveau Très Haut 13 (59.09%) tandis que pour la probabilité une concentration de la catégorisation dans le niveau probable 19 (86.36%) du total de participants. Au niveau du dénombrement des paires individuelles, autant de la

probabilité que de la sévérité, la plus forte concentration est affichée dans la paire (Probable, Très Haut), soit 12 (54.55%) du total de participants.

Tableau 4.6 : Les résultats qualitatifs obtenus par les poids de M. Lavoie

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE
1	VENTE	Modérée	Probable
2	VENTE	Modérée	Probable
3	VENTE	Basse	Certaine
4	VENTE	Modérée	Probable
5	VENTE	Modérée	Probable
6	VENTE	Modérée	Probable
7	VENTE	Modérée	Probable
8	VENTE	Basse	Probable
9	VENTE	Basse	Probable
10	VENTE	Modérée	Probable
11	VENTE	Modérée	Probable
12	VENTE	Modérée	Probable
13	VENTE	Modérée	Probable
14	VENTE	Basse	Probable
15	VENTE	Modérée	Probable
16	SENASA	Modérée	Certaine
17	SENASA	Basse	Probable
18	SENASA	Modérée	Probable
19	SENASA	Modérée	Probable
20	SENASA	Modérée	Probable
21	SENASA	Modérée	Probable
22	SENASA	Modérée	Certaine

Le tableau 4.6 affiche les résultats qualitatifs obtenus à partir des poids alloués par M. Lavoie. Le tableau 4.7 montre le dénombrement des valeurs de l'évaluation qualitative de sévérité, soit des niveaux bas et modéré ainsi que des valeurs de la probabilité, c'est-à-dire des niveaux probable et certaine.

Tableau 4.7 : Dénombrement des valeurs de la catégorisation qualitative

Tabulated Statistics: PROBABILITE; SEVERITE

Rows: PROBABILITE Columns: SEVERITE

	Bas	Modéré	All
Certaine	1	2	3
%	4.55	9.09	13.64
Probable	4	15	19
%	18.18	68.18	86.36
All	5	17	22
%	22.73	77.27	100

Cell Contents

Count

% of Total

Les résultats montrent que la plupart des valeurs de la catégorisation qualitative de la sévérité sont concentrés dans la catégorie Modérée 17 (77.27%) tandis que dans le cas de la probabilité, ils sont concentrés dans le niveau Probable 19 (86.36%). Au niveau du dénombrement des paires individuelles, autant de la probabilité que de la sévérité, la plus forte concentration est affichée dans la paire (Probable, Modérée), soit 15 (68.18%) du total de participants.

#### 4.4. La matrice de risque

Les valeurs de l'évaluation quantitative de la sévérité et probabilité d'exposition aux pesticides, estimés à partir des poids alloués par M. Onil et Ludovic ainsi que par Lavoie, sont affichées dans le graphique matrice de risque.

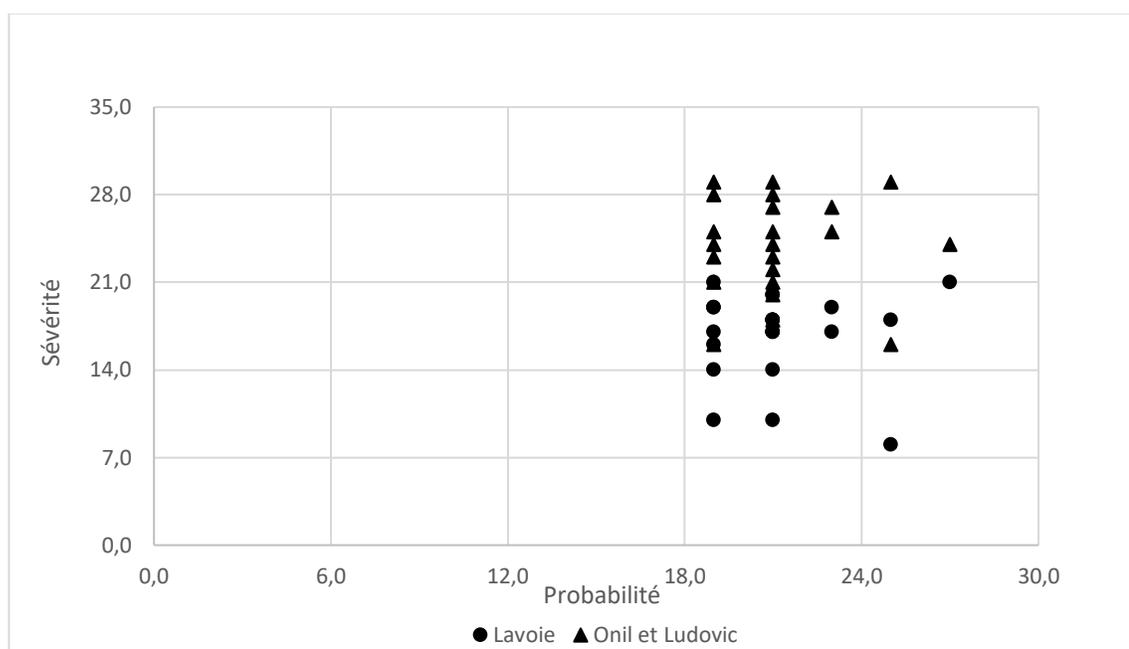


Figure 4.4 : La matrice de risque

La matrice de risque permet de valider la correspondance entre la valeur quantitative et l'évaluation qualitative. Ainsi, par exemple, la valeur quantitative du risque d'exposition maximale estimée par Onil et Ludovic (745.9) a sa correspondance maximale qualitative, soit la paire (Certaine, Mortelle). De façon similaire, la valeur quantitative minimale du risque estimé par Lavoie (210.2) a sa correspondance minimale qualitative, soit la paire (Probable, Basse). Les échelles de l'intervalle de la sévérité et probabilité ainsi que du risque de l'exposition aux pesticides sont affichés dans les tableaux 3.9 et 3.10

## CHAPITRE 5 : CONCLUSION

La matrice de risque construite est consistante en ce qui concerne la valeur quantitative la plus élevée et la valeur qualitative du plus haut risque : «consistent coloring». De plus, une augmentation dans la sévérité et probabilité n'occasionne pas un grand saut de la plus basse à la plus haute catégorie de risque sans passer à travers une catégorie intermédiaire «betweenness» (Anthony Cox, 2008). D'ailleurs et afin de minimiser une de ces limitations, soit l'effet intitulé «la plage de compression» (Anthony Cox, 2008, p. 211), autant la sévérité que la probabilité ont été divisées en cinq (05) catégories. Alors, la matrice de risque affichée satisfait aux critères méthodologiques pour sa construction.

Copplestone (1988) ainsi que Alavanja et Hoppin (2004) considèrent que la catégorisation des pesticides, en utilisant des critères toxicologiques, pourrait conduire à des conclusions inconsistantes telles que la catégorisation d'un pesticide dans deux catégories différentes à cause de l'utilisation de paramètres toxicologies pour l'évaluation du risque d'exposition, ce qui est une stratégie très simplifiée de la réalité. Par contre, Onil dans le questionnaire de réponses, soutient que les poids des variables d'exposition dépendent de la toxicité et qu'ils peuvent changer selon qu'il s'agit d'une exposition aiguë ou chronique. Par exemple, un insecticide peut avoir une grande toxicité aiguë, mais une toxicité chronique faible. Un fongicide peut être cancérigène, mais avoir une faible toxicité aiguë. Cela veut dire que les poids de la variable type de pesticide doivent être alloués en considérant le type de toxicité aiguë ou chronique.

La méthodologie pour la collecte de données du profil de risque des agriculteurs a été intentionnelle, par boule de neige et de convenance, raison pour laquelle l'échantillon ne peut pas être considéré comme représentatif. Par ailleurs et en ce qui concerne la

collecte de données, les résultats de l'étude d'Acquavella et al. (2006) démontrent que le groupe d'observateurs agricoles a une performance meilleure à celle des agriculteurs. Alors, le choix des observateurs agricoles consacrés à la vente de pesticides ainsi que le personnel du SENASA a été pertinent. Par rapport à la collecte de données des poids des variables d'exposition, un total de 36 spécialistes a été invité à remplir le questionnaire et seuls 4 spécialistes ont répondu, desquels 2 ont complété le questionnaire et 2 ont répondu partiellement.

A l'égard de la vente des EPP à Huaral, l'offre est pratiquement inexistante ; les observateurs rapportent que les agriculteurs ne les utilisent pas en raison de l'inconfort et du prix élevé, ce qui est consistant avec les résultats des études développées par (Orozco Fadya A. et al., 2009). Plus encore, cette situation explique aussi les résultats de l'évaluation quantitative et la catégorisation qualitative du risque du présent travail. Ainsi, selon les poids alloués aux variables d'exposition par M. Onil et Ludovic, la valeur quantitative moyenne du risque d'exposition a été de 526.87 avec un I.C. à 95% (480.56, 573.17) et cela correspond à une catégorisation qualitative du risque considérée comme élevée. De façon similaire et en utilisant les poids alloués aux variables d'exposition par M. Lavoie, la valeur quantitative moyenne du risque d'exposition a été de 374.32 avec un I.C. à 95% (335.69, 412.96) ; à cette valeur quantitative correspond une catégorisation qualitative du risque considérée comme niveau modérée.

Les résultats de l'analyse statistique montrent que la différence de valeurs moyennes du risque d'exposition entre l'évaluation quantitative par les poids alloués par M. Onil et Ludovic versus les poids alloués par M. Lavoie a été de 152.5 avec un I.C. à 95% (93.9, 211.1). Malgré cette différence dans l'évaluation et catégorisation du risque, les deux résultats sont valides ; toutefois, l'évaluation par Onil et Ludovic a donné un niveau d'évaluation du risque d'exposition plus élevé.

Enfin, il reste à valider la méthodologie d'évaluation du risque d'exposition aux pesticides proposée dans le présent travail, en comparant les résultats avec ceux obtenus par les méthodes normalisées de génie en hygiène du travail. Il est à espérer qu'il y aura une sur-estimation du risque d'exposition par la méthode proposée, tel que le démontrent les études précédentes d'Hashimoto et al. (2007) ainsi que de Lavoie et al. (2013).

## RÉFÉRENCES

- [1]. Acquavella, J. F., Alexander, B. H., Mandel, J. S., Burns, C. J., & Gustin, C. (2006). Exposure Misclassification in Studies of Agricultural Pesticides: Insights from Biomonitoring. *Epidemiology*, 17(1), 69-74.
- [2]. Alavanja, M. C. R., & Hoppin, J. A. (2004). HEALTH EFFECTS OF CHRONIC PESTICIDE EXPOSURE: Cancer and Neurotoxicity. [Article]. *Annual Review of Public Health*, 25(1), 155-197.
- [3]. Anthony Cox, L. (2008). What's Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis*, 28(2), 497-512.
- [4]. Blanco, L. E., Aragón, A., Lundberg, I., Wesseling, C., & Nise, G. (2008). The Determinants of Dermal Exposure Ranking Method (DERM): A Pesticide Exposure Assessment Approach for Developing Countries. *Annals of Occupational Hygiene*, 52(6), 535-544.
- [5]. Cataño, H.C., Carranza, E., Huamaní, C. et al. (2008) Plasma Cholinesterase Levels and Health Symptoms in Peruvian Farm Workers Exposed to Organophosphate Pesticides, *Arch Environ Contam Toxicol* 55: p.153-159.
- [6]. CCHST (2010). Fiches d'information Réponses SST. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. Consulté le 10 Février 2017, tiré de <http://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/pesticides/general.html>
- [7]. CDPR (2012). Pesticide Use Report Data, User Guide & Documentation p. 1-94. California Department of Pesticide Regulation. Consulté le 21 juin 2016, tiré de [http://www.cdpr.ca.gov/docs/pur/cd\\_doc.pdf](http://www.cdpr.ca.gov/docs/pur/cd_doc.pdf)
- [8]. Coble, J., Thomas, K. W., Hines, C. J., Hoppin, J. A., Dosemeci, M., Curwin, B., ... Alavanja, M. C. R. (2011). An Updated Algorithm for Estimation of Pesticide Exposure Intensity in the Agricultural Health Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(12), 4608–4622. <http://doi.org/10.3390/ijerph8124608>.
- [9]. Copplestone, J. F. (1988). The development of the WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard. *Bulletin of the World Health Organization*, 66(5), 545.
- [10]. Daniels, J. L., Olshan, A. F., Teschke, K., Hertz-Picciotto, I., Savitz, D. A., & Blatt, J. (2001). Comparison of Assessment Methods for Pesticide

- Exposure in a Case-Control Interview Study. *American Journal of Epidemiology*, 153(12), 1227-1232.
- [11]. Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
- [12]. De Raat, W. K., Stevenson, H., Hakkert, B. C., & van Hemmen, J. J. (1997). Toxicological Risk Assessment of Worker Exposure to Pesticides: Some General Principles. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 25(3), 204-210.
- [13]. Dosemeci, M., Alavanja, M. C. R., Rowland, A. S., Mage, D., Hoar Zahm, S., Rothman, N., . . . Blair, A. (2002). A Quantitative Approach for Estimating Exposure to Pesticides in the Agricultural Health Study. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(2), 245-260.
- [14]. Espanhol-Soares, M., Nociti, L. A. S., & Gonçalves Machado-Neto, J. (2013). Procedures to Evaluate the Efficiency of Protective Clothing Worn by Operators Applying Pesticide. *Annals of Occupational Hygiene*, 57(8), 1041-1053.
- [15]. Fadya A. Orozco et al. (2009) Monitoring Adherence to the International Code of Conduct: Highly Hazardous Pesticides in Central Andean Agriculture and Farmers' Rights to Health, *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 15:3, 255-268.
- [16]. Fishel Frederick M., (2016). Respirators for Pesticide Applications. Agronomy Department, University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. PI-77 p. 1-5.
- [17]. Fritschi, L., Siemiatycki, J., & Richardson, L. (1996). Self-assessed Versus Expert-assessed Occupational Exposures. *American Journal of Epidemiology*, 144(5), 521-527.
- [18]. Hammond Wagner Courtney, Cox Michael, Bazo Robles José Luis (2016) Pesticide lock-in in small scale Peruvian agriculture, *Ecological Economics*, Volume 129, 2016, Pages 72-81.
- [19]. Hashimoto, H., Goto, T., Nakachi, N., Suzuki, H., Takebayashi, T., Kajiki, S., & Mori, K. (2007). Evaluation of the Control Banding Method-Comparison with Measurement-based Comprehensive Risk Assessment. *Journal of Occupational Health*, 49(6), 482-492.

- [20]. Inserm (2013). Pesticides : Effets sur la santé. Rapport. Paris : Inserm, 2013, XII-1001 p. - (Expertise collective). Consulté le 01 juillet 2016, tiré de <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/4820#sthash.SK6RXY4D.dpuf>
- [21]. Jagt, K. v. d., Tielemans, E., Links, I., Brouwer, D., & Hemmen, J. v. (2004). Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(6), 355-362.
- [22]. Keifer, Matthew C. Effectiveness of interventions in reducing pesticide overexposure and poisonings, *American Journal of Preventive Medicine*, Volume 18, Issue 4, Supplement 1, May 2000, Pages 80-89, ISSN 0749-3797
- [23]. Konradsen, F., van der Hoek, W., Cole, D. C., Hutchinson, G., Daisley, H., Singh, S., & Eddleston, M. (2003). Reducing acute poisoning in developing countries—options for restricting the availability of pesticides. *Toxicology*, 192(2–3), 249-261.
- [24]. Lavoie, Jacques; Neesham-Grenon, Eve; Debia, Maximilien; Cloutier, Yves; Marchand, Geneviève (2013) Développement d'un modèle de gestion graduée du risque pour le choix de la protection respiratoire contre les bioaérosols. *Études et recherches / Rapport R-766*, Montréal, IRSST, 57 pages.
- [25]. Levine, E. s. (2012). Improving risk matrices: the advantages of logarithmically scaled axes. *Journal of Risk Research*, 15(2), 209-222.
- [26]. Lunchick, C., et al., (2005). Biological monitoring use in refining the exposure assessment of agricultural operators. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 82-89.
- [27]. MacFarlane, E., Carey, R., Keegel, T., El-Zaemay, S., & Fritschi, L. (2013). Dermal Exposure Associated with Occupational End Use of Pesticides and the Role of Protective Measures. *Safety and Health at Work*, 4(3), 136-141.
- [28]. McKernan, L. et al., (2014). The Niosh Decision logic for OEBs p. 25-27. Consulté le 13 décembre 2016, tiré de <http://synergist.aiha.org/201603-the-niosh-decision-logic-for-oeb>s
- [29]. Maroni, M., Fait, A., & Colosio, C. (1999). Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides. *Toxicology Letters*, 107(1–3),

145-153.

- [30]. (MDDELCC, 2011) MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. Bilan des ventes de pesticides au Québec Année 2011, Québec, Direction des politiques agricoles et des pesticides, 2014, ISBN 978-2-550-70311-2 (PDF) 60 pages. Consulté le 14 juillet 2016, tiré de : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/pesticides/bilan/bilan2011.pdf>
- [31]. Ministère d'Agriculture, 2008. Bulletin de l'étude de rentabilité de la culture des pommes de terre, vallée Chancay, Huaral, Lima, Pérou. Programme des services de soutien pour accéder aux marchés rurales (PROSAAMER), 20 pages. Consulté le 14 Septembre 2017, tiré de : [http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletin%20papa\\_chancay\\_huaral.pdf](http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/boletin%20papa_chancay_huaral.pdf)
- [32]. Montoro, Ymelda, et al. (2009) Características de uso de plaguicidas químicos y riesgos para la salud en agricultores de la sierra central del Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, vol. 26, núm. 4, 2009, pp. 466-472. Instituto Nacional de Salud Lima, Perú.
- [33]. Nayhua L. Situación epidemiológica de las intoxicaciones agudas por plaguicidas en el Perú, (a la SE 39- 2015); 24 (39): 791 – 795. Consulté le 8 de Septiembre 2017, tiré de <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2015/39.pdf>
- [34]. Ni, H., Chen, A., & Chen, N. (2010). Some extensions on risk matrix approach. Safety Science, 48(10), 1269-1278.
- [35]. NIOSH (2009) Qualitative Risk Characterisation and Management of Occupational Hazards: Control Banding (CB) p. 1-118. Consulté le 11 Février 2017, tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-152/pdfs/2009-152.pdf>
- [36]. NIOSH (2015) Standardized Variables for State Surveillance of Pesticide-Related Illness and Injury p. 1-80. Consulté le 12 juin 2016, tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pesticides/pdfs/standardizedVariableDocument.pdf>
- [37]. Onil, S., Dion, S., St-Laurent, L., & April, M. H. (2012). Indicateur de risque de pesticides du Québec santé et environnement (2e éd. ed.). Québec] : [Montréal]: Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation :

Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs,  
Institut national de santé publique du Québec.

- [38]. Onil, S., Dion, S., St-Laurent, L. (2001). IRSST - Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère. Rapport N° RG-273 p. 1-92. Consulté le 13 décembre 2016, tiré de [www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-273.pdf](http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-273.pdf)
- [39]. Protano, C., Guidotti, M., & Vitali, M. (2009). Performance of Different Work Clothing Types for Reducing Skin Exposure to Pesticides During Open Field Treatment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(1), 115-119.
- [40]. The Pennsylvania State University (2008). Respiratory Protective Devices for Pesticides p. 1-4 Consulté le 10 Février 2017, tiré de [http://extension.psu.edu/pests/pesticide-education/applicators/fact-sheets/pesticide-safety/respiratory-protective-devices-for-pesticides/extension\\_publication\\_file](http://extension.psu.edu/pests/pesticide-education/applicators/fact-sheets/pesticide-safety/respiratory-protective-devices-for-pesticides/extension_publication_file)
- [41]. Thomas, K. W., Dosemeci, M., Coble, J. B., Hoppin, J. A., Sheldon, L. S., Chapa, G., . . . Alavanja, M. C. (2010). Assessment of a pesticide exposure intensity algorithm in the agricultural health study. *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 20(6), 559-569.
- [42]. Tuduri Ludovic et al., (2012). Prévention des risques liés aux pesticides chez les producteurs de pommes - État des lieux et actions à mener pour une meilleure protection individuelle. Projet de recherche : 2012-0039 N° de publication : Rapport R-941 Montréal, IRSST, 150 pages.
- [43]. Wood, D., Astrakianakis, G., Lang, B., Le, N., & Bert, J. (2002). Development of an agricultural job-exposure matrix for British Columbia, Canada. *Journal of occupational and environmental medicine / American College of Occupational and Environmental Medicine*, 44(9), 865.
- [44]. World Health Organization (2010). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009. (WHO Press, publication ISBN 978-92-4-154796-3 ISSN 1684-1042). Geneva 27, Switzerland. Retrieved September 11, 2014 from [http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard/en/)
- [45]. Woodruff, J. M. (2005). Consequence and likelihood in risk estimation: A matter of balance in UK health and safety risk assessment practice. *Safety Science*, 43(5-6), 345-353.

- [46]. Ye, M., Beach, J., Martin, J., & Senthilselvan, A. (2013). Occupational Pesticide Exposures and Respiratory Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), 6442-6471.
- [47]. Yucra S, Steeland K, Chung A, Choque F, Gonzales GF. Diakyl phosphate metabolites of organophosphorus in applicators of agricultural pesticides in Majes - Arequipa (Peru). *J Occup Med Toxicol*. 2006; 1:27. <https://doi.org/10.1186/1745-6673-1-27>
- [48]. Zacharia, J. T. (2011). Identity, Physical and Chemical Properties of Pesticides. In Stoytcheva (Ed.), *Pesticides in the Modern World - Trends in Pesticides Analysis* (pp. 1-19). Rijeka, Croatia: InTech.
- [49]. Zalk, D., Paik, S., & Swuste, P. (2009). Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures. *Journal of Nanoparticle Research*, 11(7), 1685-1704.
- [50]. Zalk, D. M., Spee, T., Gillen, M., Lentz, T. J., Garrod, A., Evans, P., & Swuste, P. (2011). Review of Qualitative Approaches for the Construction Industry: Designing a Risk Management Toolbox. *Safety and Health at Work*, 2(2), 105-121.

ANNEXE A

**Questionnaire de réponses des experts dans l'évaluation de l'exposition aux  
pesticides au milieu agricole**

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

1

**TERMINÉ**

**Collecteur :** Email Invitation 1 (Email)  
**Commencé le :** mardi 4 avril 2017 08:03:20  
**Dernière modification le :** mardi 4 avril 2017 08:22:48  
**Temps passé :** 00:19:27  
**Email :** lavoie.jacques@irsst.qc.ca  
**Adresse IP :** 74.123.92.226

Page 1 : Personal information

**Q1** What is your name?

Jacques Lavoie

**Q2** What do you do for living?

Research

**Q3** What institution do you work for?

IRSST

**Q4** What are your research interests?

Green jobs, biological contaminants

**Q5** How many years of experience do you have?

35

Page 2 : The risk assessment of occupational exposition to pesticides

**Q6** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the exposure's severity. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Functional classification of pesticide product (FUNCLAS)	Agree
Type of physical formulation of the pesticide (FORM)	Agree
Type of equipment for pesticide application (EQUIPMEN)	Agree
Type of job or activity at the moment of pesticide application (ACTEXPIND)	Agree
Type of personal protection equipment (PPETYPE)	Agree

**Q7** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the probability of occurrence. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Number of acres treated	Agree
Number of pesticides mixtures	Agree
Amount of active ingredient applied	Agree

Page 3 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

**Q8** Can you establish the weights for the variable functional classification of pesticide product?

	Weights
01 = Insecticide (excluding solely IGR and fumigants)	7
02 = Insect Growth Regulator (IGR)	5
03 = Herbicide\algicide	5
04 = Fungicide	4
05 = Fumigant	4
06 = Rodenticide	7
07 = Disinfectant/Broad Spectrum for Water Sanitation	4
08 = Insect Repellent	7
09 = Antifouling agent (marine paints)	4
10 = Insecticide and Herbicide (01 & 03)	7
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)	7
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8
13 = Insecticide and Other (01 & 96)	7
14 = Herbicide and Fungicide (03 & 04)	6
96 = Other (includes biological controls, plant growth regulators, antibiotics, etc.)	4
97 = Multiple (product is classified as multiple classes which do not fit in any of the codes specified in codes 10-14)	5
99 = unknown	5

**Q9** Can you establish the weights for the variable type of physical formulation of the pesticide?

	Weights
01 = Dust/powder (not pressurized)	5
02 = Granular/Flake	4
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette	3
04 = Wettable Powder/dust	5
05 = Impregnated material (ant/plant stakes, animal collars, water filters, solid agar)	5
06 = Other dry formulation (crystalline, water dispersible granules, pressurized dust	6
07 = Microencapsulated	4
08 = Emulsifiable concentrate	5
09 = Soluble concentrate	5
10 = Flowable concentrate	5
11 = Pressurized liquid/spray/fogger - Include aerosol spray cans	7
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	6
13 = Other liquid FORMULATION	6
14 = Pressurized Gas/Fumigant	7
16 = Other	5
99 = Unknown	10

Page 4 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

Q10 Can you establish the weights for the variable type of equipment or method used for the application?

	Weights
01 = aerial application equipment (fixed wing or helicopter)	9
02 = chemigation (application through irrigation system)	6
03 = pressurized can	7
04 = aerosol generator or fogger (thermal or cold)	8
05 = soil injector	5
06 = high pressure fumigator	8
07 = handheld granular or dust applicator	6
08 = spray line, hand held	6
09 = sprayer, backpack	8
10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	8
11 = low-pressure ground sprayer not otherwise specified	7
12 = manual placement	7
13 = dip tank or tray	7
14 = more than one type of application equipment used	7
16 = total release fogger or aerosol bomb	8
17 = high pressure ground sprayers	8
18 = ozone generator.	9
19 = other chemical generator	8
20 = heat generator	9
97 = other, this includes all other equipment such as non-handheld mechanical granule applicators, etc.	7
99 = unknown	5

Q11 Can you establish the weights for the variable type of activity of exposed individual at time of exposure?

	(aucune étiquette)
01 = Applying pesticide	7
02 = Mixing/loading pesticide	8
03 = Transport or disposal of pesticide Transport includes activities involved with movement of pesticide or pesticide waste by vehicle or hand during the time interval from after the product is loaded (into application equipment, or truck, railcar or other transport vehicle) until it reaches the destination for unloading, application, or disposal. Note that activities involving unloading, stocking retail shelves, etc. fall into code 08. The activity of loading pesticides falls into code 02.	6
04 = Repair or maintenance of pesticide application equipment	6
05 = Any combination of activities 01-04	7
06 = Involved in manufacture or formulation of pesticide	8
07 = Emergency response	8
08 = Routine work activity not involved with pesticide application (includes exposure to field residue)	5
09 = Routine indoor living activities not involved with pesticide application	5
10 = Routine outdoor living activities not involved with pesticide application	5
11 = Application to self or another human of a pesticide intended to be used on human skin hair or clothing (code added effective 1/1/2006. Prior to that date, guidance indicated that these exposures should be coded as normal working or living activities [i.e. codes 08 or 09].)	8
98 = Not applicable	5
99 = Unknown	5

Page 5 : The percentage of protection of the personal protection equipment (PPE)

Q12 Can you establish the percentage of protection according to the type of respiratory protection used?

PPETYPE1 (CRESP_SA)	Respirator (Supplied Air/SCBA)	100
PPETYPE2 (CRESP_ORG)	Respirator (Organic Vapor Respirator)	95
PPETYPE3 (CRESP_PART)	Respirator (Particulate Respirator including N95 and N99)	95 or 99
PPETYPE4 (CDUSTMASK)	Dust mask/bandana	<50
PPETYPE5 (CRESP_OTH)	Other respiratory protection	30
PPETYPE6 (CEYE_FFR)	Full Face Respirator	95

Q13 Can you establish the percentage of protection according to the type of eye protection used?

PPETYPE7 (CEYE_FS) Face shield	70
PPETYPE8 (CEYE_G) Chemical Goggles	100
PPETYPE9 (CEYE_SG) Safety Glasses	40
PPETYPE10 (CEYE_OTH) Other eye protection	40

Q14 Can you establish the percentage of protection according to the type of hand protection used?

PPETYPE11 (OGLOVES_SYN) Gloves (Chemical resistant gloves)	90
PPETYPE12 (OGLOVES_NAT) Gloves (Cloth or Leather)	10
PPETYPE13 (OGLOVES_OTH) Other hand protection	10

Q15 Can you establish the percentage of protection according to the type of work clothes used?

PPETYPE14 (CCLOTH_SHIRT) Long Sleeve Shirt	60
PPETYPE15 (CCLOTH_PANT) Long Pants	60
PPETYPE16 (CCLOTH_COVER) Coveralls	70
PPETYPE17 (CCLOTH_CHEMS) Chemical Resistant Suits	85
PPETYPE18 (CCLOTH_CHEMA) Chemical Resistant Apron	40

Q16 Can you establish the percentage of protection according to the type of work boots used?

PPETYPE19 (CBOOTS) Rubber/chemically resistant boots	95
Other	40

Q17 Can you establish the percentage of protection according to the type of headgear used?

PPETYPE20 (CCHEMH) Chemical Resistant Headgear	80
PPETYPE21 (CHEAD) Non-Chemical Resistant Headgear	40
PPETYPE22 (CCLOTHING) Other clothing/headgear protection	30

Q18 Can you establish the percentage of protection according to the type of engineering controls used?

PPETYPE23 (CENG_CLOSE) Engineering Controls (Closed System)	100
PPETYPE24 (CENG_CAB) Engineering Controls (Enclosed Cab)	95
PPETYPE25 (CENG_OTH) Other Engineering Controls	80

## 2

**TERMINÉ**

**Collecteur :** Email Invitation 1 (Email)  
**Commencé le :** mardi 4 avril 2017 07:50:13  
**Dernière modification le :** mercredi 19 avril 2017 12:47:06  
**Temps passé :** Plus d'une semaine  
**Email :** onil.samuel@inspq.qc.ca  
**Adresse IP :** 142.83.197.71

## Page 1 : Personal information

**Q1** What is your name?

Onil Samuel

**Q2** What do you do for living?

scientific advisor, pesticides team chef

**Q3** What institution do you work for?

Québec National Institute of public health

**Q4** What are your research interests?

Pesticides exposure, pesticides toxicity, risk analysis

**Q5** How many years of experience do you have?

25

## Page 2 : The risk assessment of occupational exposition to pesticides

**Q6** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the exposure's severity. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Functional classification of pesticide product (FUNCLAS)	<b>Disagree</b>
Type of physical formulation of the pesticide (FORM)	<b>Agree</b>
Type of equipment for pesticide application (EQUIPMEN)	<b>Agree</b>
Type of job or activity at the moment of pesticide application (ACTEXPIND)	<b>Agree</b>
Type of personal protection equipment (PPETYPE)	<b>Agree</b>

**Q7** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the probability of occurrence. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Number of acres treated	Agree
Number of pesticides mixtures	Agree
Amount of active ingredient applied	Agree

Page 3 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

**Q8** Can you establish the weights for the variable functional classification of pesticide product?

	Weights
01 = Insecticide (excluding solely IGR and fumigants)	Unknown
02 = Insect Growth Regulator (IGR)	Unknown
03 = Herbicide/algicide	Unknown
04 = Fungicide	Unknown
05 = Fumigant	Unknown
06 = Rodenticide	Unknown
07 = Disinfectant/Broad Spectrum for Water Sanitation	Unknown
08 = Insect Repellent	Unknown
09 = Antifouling agent (marine paints)	Unknown
10 = Insecticide and Herbicide (01 & 03)	Unknown
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)	Unknown
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	Unknown
13 = Insecticide and Other (01 & 96)	Unknown
14 = Herbicide and Fungicide (03 & 04)	Unknown
96 = Other (includes biological controls, plant growth regulators, antibiotics, etc.)	Unknown
97 = Multiple (product is classified as multiple classes which do not fit in any of the codes specified in codes 10-14)	Unknown
99 = unknown	Unknown

Other (specify):

I don't understand well that question. Weight is toxicity dependant and the weight change for acute and long time toxicity. An insecticide can have a great acute toxicity but a low chronic toxicity. A fungicide can be carcinogene but have a low acute toxicity.

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q9** Can you establish the weights for the variable type of physical formulation of the pesticide?

	Weights
01 = Dust/powder (not pressurized)	7
02 = Granular/Flake	2
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette	2
04 = Wettable Powder/dust	8
05 = Impregnated material (ant/plant stakes, animal collars, water filters, solid agar)	1
06 = Other dry formulation (crystalline, water dispersible granules, pressurized dust)	2
07 = Microencapsulated	2
08 = Emulsifiable concentrate	8
09 = Soluble concentrate	5
10 = Flowable concentrate	8
11 = Pressurized liquid/spray/fogger - Include aerosol spray cans	7
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	2
13 = Other liquid FORMULATION	8
14 = Pressurized Gas/Fumigant	10
16 = Other	Unknown
99 = Unknown	Unknown

Page 4 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

## Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

Q10 Can you establish the weights for the variable type of equipment or method used for the application?

	Weights
01 = aerial application equipment (fixed wing or helicopter)	10
02 = chemigation (application through irrigation system)	3
03 = pressurized can	4
04 = aerosol generator or fogger (thermal or cold)	5
05 = soil injector	2
06 = high pressure fumigator	9
07 = handheld granular or dust applicator	8
08 = spray line, hand held	Unknown
09 = sprayer, backpack	9
10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9
11 = low-pressure ground sprayer not otherwise specified	6
12 = manual placement	5
13 = dip tank or tray	5
14 = more than one type of application equipment used	Unknown
16 = total release fogger or aerosol bomb	5
17 = high pressure ground sprayers	7
18 = ozone generator.	4
19 = other chemical generator	Unknown
20 = heat generator	5
97 = other, this includes all other equipment such as non-handheld mechanical granule applicators, etc.	Unknown
99 = unknown	Unknown

Q11 Can you establish the weights for the variable type of activity of exposed individual at time of exposure?

	(aucune étiquette)
01 = Applying pesticide	8
02 = Mixing/loading pesticide	10
03 = Transport or disposal of pesticide Transport includes activities involved with movement of pesticide or pesticide waste by vehicle or hand during the time interval from after the product is loaded (into application equipment, or truck, railcar or other transport vehicle) until it reaches the destination for unloading, application, or disposal. Note that activities involving unloading, stocking retail shelves, etc. fall into code 08. The activity of loading pesticides falls into code 02.	0
04 = Repair or maintenance of pesticide application equipment	5
05 = Any combination of activities 01-04	Unknown
06 = Involved in manufacture or formulation of pesticide	7
07 = Emergency response	5
08 = Routine work activity not involved with pesticide application (includes exposure to field residue)	7
09 = Routine indoor living activities not involved with pesticide application	4
10 = Routine outdoor living activities not involved with pesticide application	8
11 = Application to self or another human of a pesticide intended to be used on human skin hair or clothing (code added effective 1/1/2006. Prior to that date, guidance indicated that these exposures should be coded as normal working or living activities [i.e. codes 08 or 09].)	Unknown
98 = Not applicable	Unknown
99 = Unknown	Unknown

Page 5 : The percentage of protection of the personal protection equipment (PPE)

## Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q12** Can you establish the percentage of protection according to the type of respiratory protection used?

PPETYPE1 (CRESP_SA)	Respirator (Supplied Air/SCBA)	90
PPETYPE2 (CRESP_ORG)	Respirator (Organic Vapor Respirator)	80
PPETYPE3 (CRESP_PART)	Respirator (Particulate Respirator including N95 and N99)	35
PPETYPE4 (CDUSTMASK)	Dust mask/bandana	10
PPETYPE5 (CRESP_OTH)	Other respiratory protection	nd
PPETYPE6 (CEYE_FFR)	Full Face Respirator	90

**Q13** Can you establish the percentage of protection according to the type of eye protection used?

PPETYPE7 (CEYE_FS)	Face shield	80
PPETYPE8 (CEYE_G)	Chemical Goggles	70
PPETYPE9 (CEYE_SG)	Safety Glasses	50
PPETYPE10 (CEYE_OTH)	Other eye protection	30

**Q14** Can you establish the percentage of protection according to the type of hand protection used?

PPETYPE11 (CGLOVES_SYN)	Gloves (Chemical resistant gloves)	95
PPETYPE12 (CGLOVES_NAT)	Gloves (Cloth or Leather)	0
PPETYPE13 (CGLOVES_OTH)	Other hand protection	20

**Q15** Can you establish the percentage of protection according to the type of work clothes used?

PPETYPE14 (CCLOTH_SHIRT)	Long Sleeve Shirt	35
PPETYPE15 (CCLOTH_PANT)	Long Pants	35
PPETYPE16 (CCLOTH_COVER)	Coveralls	45
PPETYPE17 (CCLOTH_CHEMS)	Chemical Resistant Suits	75
PPETYPE18 (CCLOTH_CHEMA)	Chemical Resistant Apron	70

**Q16** Can you establish the percentage of protection according to the type of work boots used?

PPETYPE19 (CBOOTS)	Rubber/chemically resistant boots	95
Other		15

## Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q17** Can you establish the percentage of protection according to the type of headgear used?

PPETYPE20 (CCHEMH) Chemical Resistant Headgear	90
PPETYPE21 (CHEAD) Non-Chemical Resistant Headgear	60
PPETYPE22 (CCLOTHING) Other clothing/headgear protection	20

---

**Q18** Can you establish the percentage of protection according to the type of engineering controls used?

PPETYPE23 (CENG_CLOSE) Engineering Controls (Closed System)	80
PPETYPE24 (CENG_CAB) Engineering Controls (Enclosed Cab)	60
PPETYPE25 (CENG_OTH) Other Engineering Controls	35

---

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

3

**NON TERMINÉ**

**Collecteur :** Email Invitation 1 (Email)  
**Commencé le :** jeudi 4 mai 2017 09:50:21  
**Dernière modification le :** jeudi 4 mai 2017 10:07:24  
**Temps passé :** 00:17:03  
**Email :** ludovic.tuduri@irsst.qc.ca  
**Adresse IP :** 74.123.92.226

---

Page 1 : Personal information

**Q1** What is your name?

Ludovic

**Q2** What do you do for living?

Research scientist

**Q3** What institution do you work for?

IRSST

**Q4** What are your research interests?

Personal protective equipment-chemical risks

**Q5** How many years of experience do you have?

12

Page 2 : The risk assessment of occupational exposition to pesticides

**Q6** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the exposure's severity. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Functional classification of pesticide product (FUNCLAS)	<b>Agree</b>
Type of physical formulation of the pesticide (FORM)	<b>Agree</b>
Type of equipment for pesticide application (EQUIPMEN)	<b>Agree</b>
Type of job or activity at the moment of pesticide application (ACTEXPIND)	<b>Agree</b>
Type of personal protection equipment (PPETYPE)	<b>Agree</b>
Other (specify):	Work practises, compliance with pesticide labels

---

**Q7** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the probability of occurrence. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Number of acres treated	<b>Agree</b>
Number of pesticides mixtures	<b>Disagree</b>
Amount of active ingredient applied	<b>Agree</b>

---

Page 3 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q8** Can you establish the weights for the variable functional classification of pesticide product?

	Weights
01 = Insecticide (excluding solely IGR and fumigants)	8
02 = Insect Growth Regulator (IGR)	Unknown
03 = Herbicide/algicide	5
04 = Fungicide	7
05 = Fumigant	10
06 = Rodenticide	Unknown
07 = Disinfectant/Broad Spectrum for Water Sanitation	Unknown
08 = Insect Repellent	1
09 = Antifouling agent (marine paints)	2
10 = Insecticide and Herbicide (01 & 03)	8
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)	8
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8
13 = Insecticide and Other (01 & 96)	8
14 = Herbicide and Fungicide (03 & 04)	7
96 = Other (includes biological controls, plant growth regulators, antibiotics, etc.)	6
97 = Multiple (product is classified as multiple classes which do not fit in any of the codes specified in codes 10-14)	Unknown
99 = unknown	Unknown
Other (specify):	
what a difficult question	

## Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

Q9 Can you establish the weights for the variable type of physical formulation of the pesticide?

	Weights
01 = Dust/powder (not pressurized)	8
02 = Granular/Flake	5
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette	4
04 = Wettable Powder/dust	8
05 = Impregnated material (ant/plant stakes, animal collars, water filters, solid agar)	2
06 = Other dry formulation (crystalline, water dispersible granules, pressurized dust)	Unknown
07 = Microencapsulated	3
08 = Emulsifiable concentrate	10
09 = Soluble concentrate	8
10 = Flowable concentrate	6
11 = Pressurized liquid/spray/fogger - Include aerosol spray cans	5
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	Unknown
13 = Other liquid FORMULATION	Unknown
14 = Pressurized Gas/Fumigant	6
16 = Other	Unknown
99 = Unknown	Unknown

Page 4 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

**Q10** Can you establish the weights for the variable type of equipment or method used for the application? Le participant a ignoré la question

**Q11** Can you establish the weights for the variable type of activity of exposed individual at time of exposure? Le participant a ignoré la question

Page 5 : The percentage of protection of the personal protection equipment (PPE)

**Q12** Can you establish the percentage of protection according to the type of respiratory protection used? Le participant a ignoré la question

## Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q13** Can you establish the percentage of protection according to the type of eye protection used?

Le participant a ignoré la question

**Q14** Can you establish the percentage of protection according to the type of hand protection used?

Le participant a ignoré la question

**Q15** Can you establish the percentage of protection according to the type of work clothes used?

Le participant a ignoré la question

**Q16** Can you establish the percentage of protection according to the type of work boots used?

Le participant a ignoré la question

**Q17** Can you establish the percentage of protection according to the type of headgear used?

Le participant a ignoré la question

**Q18** Can you establish the percentage of protection according to the type of engineering controls used?

Le participant a ignoré la question

## 4

**NON TERMINÉ**

**Collecteur :** Email Invitation 1 (Email)  
**Commencé le :** mardi 9 mai 2017 09:37:43  
**Dernière modification le :** mardi 9 mai 2017 09:43:00  
**Temps passé :** 00:05:17  
**Email :** caroline.jolly@irsst.qc.ca  
**Adresse IP :** 74.123.92.226

Page 1 : Personal information

**Q1** What is your name?

Caroline Jolly

**Q2** What do you do for living?

Professionnelle scientifique

**Q3** What institution do you work for?

IRSST

**Q4** What are your research interests?

Ergonomie

**Q5** How many years of experience do you have?

5

Page 2 : The risk assessment of occupational exposition to pesticides

**Q6** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the exposure's severity. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Functional classification of pesticide product (FUNCLAS)	Agree
Type of physical formulation of the pesticide (FORM)	Agree
Type of equipment for pesticide application (EQUIPMEN)	Agree
Type of job or activity at the moment of pesticide application (ACTEXPIND)	Agree
Type of personal protection equipment (PPETYPE)	Agree

**Q7** The assessment of the occupational exposure to pesticides depends on the good choice of the variables that characterize the probability of occurrence. Do you agree or disagree with the choice of the variables listed below?

Number of acres treated	Agree
Number of pesticides mixtures	Agree
Amount of active ingredient applied	Agree

Page 3 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

**Q8** Can you establish the weights for the variable functional classification of pesticide product?

	Weights
01 = Insecticide (excluding solely IGR and fumigants)	Unknown
02 = Insect Growth Regulator (IGR)	Unknown
03 = Herbicide/algicide	Unknown
04 = Fungicide	Unknown
05 = Fumigant	Unknown
06 = Rodenticide	Unknown
07 = Disinfectant/Broad Spectrum for Water Sanitation	Unknown
08 = Insect Repellent	Unknown
09 = Antifouling agent (marine paints)	Unknown
10 = Insecticide and Herbicide (01 & 03)	Unknown
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)	Unknown
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	Unknown
13 = Insecticide and Other (01 & 96)	Unknown
14 = Herbicide and Fungicide (03 & 04)	Unknown
96 = Other (includes biological controls, plant growth regulators, antibiotics, etc.)	Unknown
97 = Multiple (product is classified as multiple classes which do not fit in any of the codes specified in codes 10-14)	Unknown
99 = unknown	Unknown

Other (specify):

Je n'ai pas de connaissance en toxicologie pour pouvoir répondre à cette question

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q9** Can you establish the weights for the variable type of physical formulation of the pesticide?

	Weights
01 = Dust/powder (not pressurized)	Unknown
02 = Granular/Flake	Unknown
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette	Unknown
04 = Wettable Powder/dust	Unknown
05 = Impregnated material (ant/plant stakes, animal collars, water filters, solid agar)	Unknown
06 = Other dry formulation (crystalline, water dispersible granules, pressurized dust)	Unknown
07 = Microencapsulated	Unknown
08 = Emulsifiable concentrate	Unknown
09 = Soluble concentrate	Unknown
10 = Flowable concentrate	Unknown
11 = Pressurized liquid/spray/fogger - Include aerosol spray cans	Unknown
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	Unknown
13 = Other liquid FORMULATION	Unknown
14 = Pressurized Gas/Fumigant	Unknown
16 = Other	Unknown
99 = Unknown	Unknown
Other (specify): Idem question 8	

Page 4 : The weights of the variables to the assessment of occupational exposition to pesticides

**Q10** Can you establish the weights for the variable type of equipment or method used for the application? Le participant a ignoré la question

**Q11** Can you establish the weights for the variable type of activity of exposed individual at time of exposure? Le participant a ignoré la question

Page 5 : The percentage of protection of the personal protection equipment (PPE)

**Q12** Can you establish the percentage of protection according to the type of respiratory protection used? Le participant a ignoré la question

Pesticides Questionnaire # 1

SurveyMonkey

**Q13** Can you establish the percentage of protection according to the type of eye protection used? Le participant a ignoré la question

---

**Q14** Can you establish the percentage of protection according to the type of hand protection used? Le participant a ignoré la question

---

**Q15** Can you establish the percentage of protection according to the type of work clothes used? Le participant a ignoré la question

---

**Q16** Can you establish the percentage of protection according to the type of work boots used? Le participant a ignoré la question

---

**Q17** Can you establish the percentage of protection according to the type of headgear used? Le participant a ignoré la question

---

**Q18** Can you establish the percentage of protection according to the type of engineering controls used? Le participant a ignoré la question

---

ANNEXE B

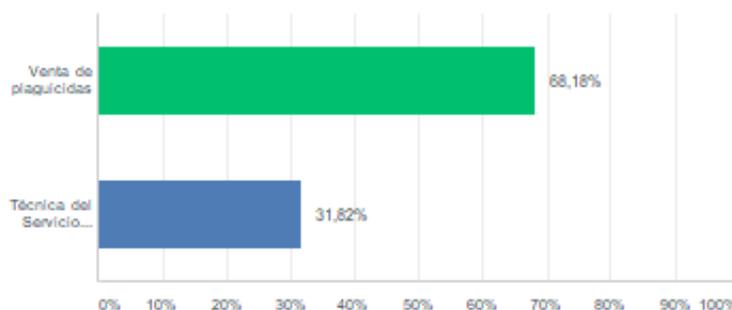
**Questionnaire de réponses des observateurs agricoles par rapport au profil de  
risque des agriculteurs**

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

## Q1 ¿Que tipo de actividad ocupacional desarrolla usted?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



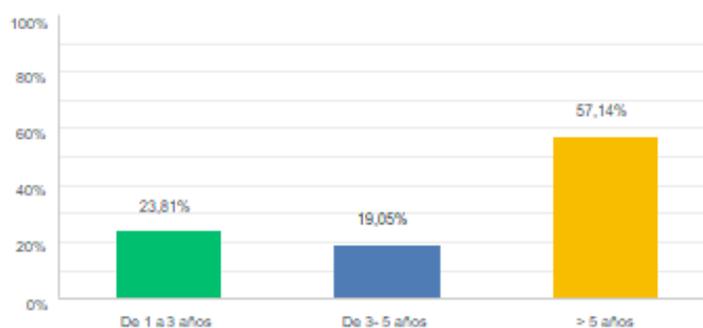
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Venta de plaguicidas	68,18%	15
Técnica del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)	31,82%	7
TOTAL		22

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

## Q2 ¿Cuantos años de experiencia en agricultura tiene usted?

Réponses obtenues : 21 Question(s) ignorée(s) : 1



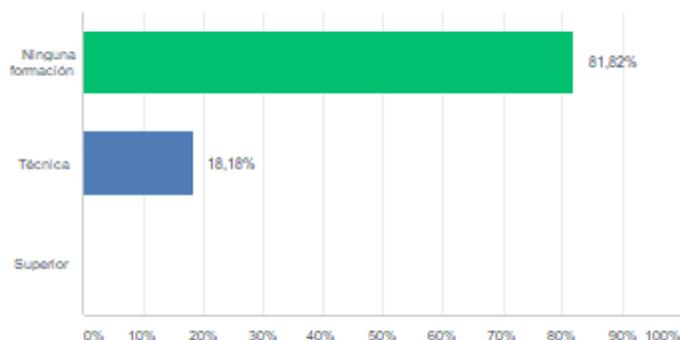
CHOIX DE RÉPONSES	REPONSES	
De 1 a 3 años	23,81%	5
De 3- 5 años	19,05%	4
> 5 años	57,14%	12
TOTAL		21

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q3 En su opinión, ¿Cual es el nivel de formación de los agricultores?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



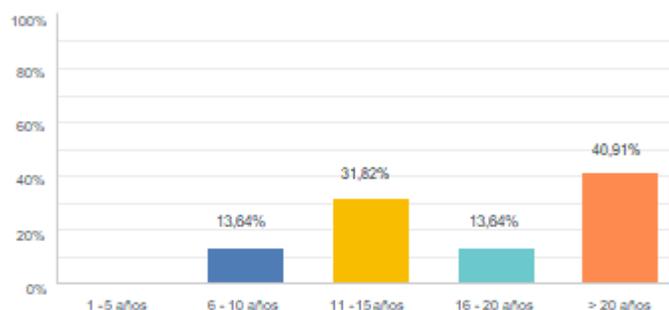
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Ninguna formación	81,82%	18
Técnica	18,18%	4
Superior	0,00%	0
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q4 En promedio, ¿Cuantos años de experiencia tienen los agricultores ?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



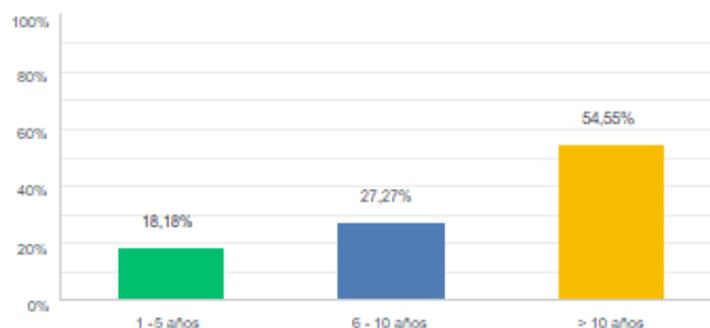
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
1 - 5 años	0,00%	0
6 - 10 años	13,64%	3
11 - 15 años	31,82%	7
16 - 20 años	13,64%	3
> 20 años	40,91%	9
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huara)

SurveyMonkey

### Q5 En su opinión, ¿Cuántos años de experiencia tienen los agricultores en el uso de plaguicidas?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



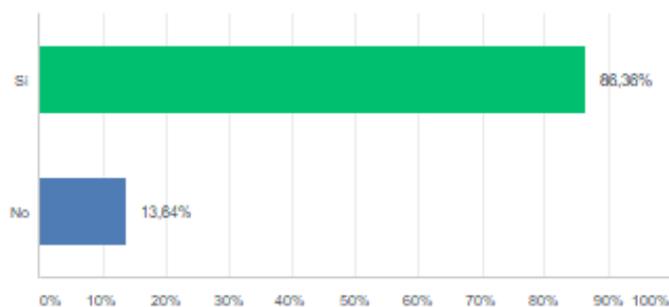
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
1 - 5 años	18,18%	4
6 - 10 años	27,27%	6
> 10 años	54,55%	12
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huara)

SurveyMonkey

### Q6 ¿Tienen los agricultores algún tipo de capacitación en el uso de plaguicidas?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



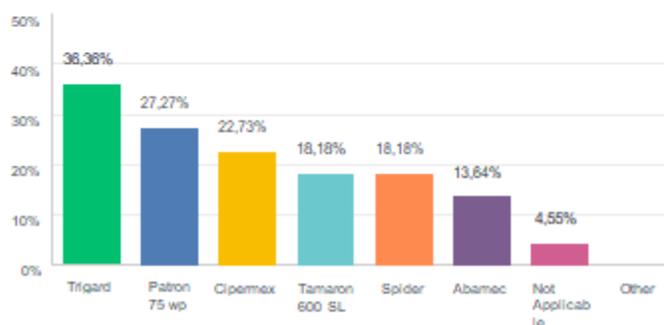
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Si	86,36%	19
No	13,64%	3
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huara)

SurveyMonkey

### Q7 ¿Cuales son los insecticidas mas utilizados por los agricultores?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



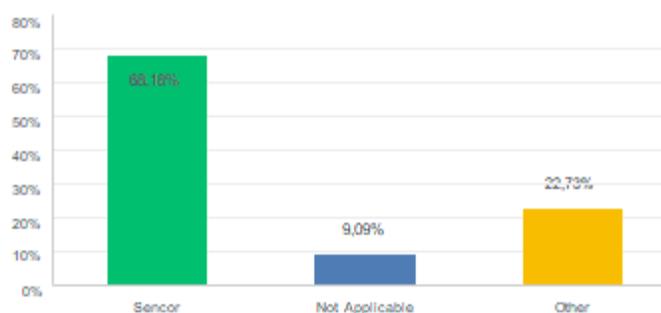
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Trigard	36,36%	8
Patron 75 wp	27,27%	6
Cipermax	22,73%	5
Tamaron 600 SL	18,18%	4
Spider	18,18%	4
Abamec	13,64%	3
Not Applicable	4,55%	1
Other	0,00%	0
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huara)

SurveyMonkey

### Q8 ¿Cuales son los herbicidas utilizados?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



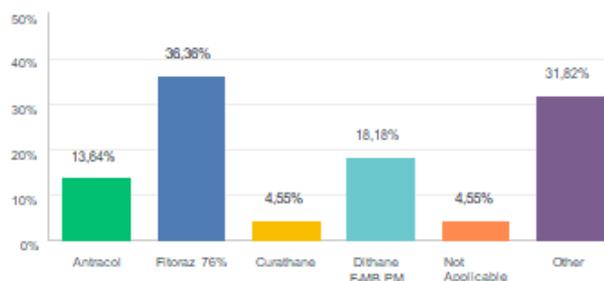
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Sencor	68,18%	15
Not Applicable	9,09%	2
Other	22,73%	5
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q9 ¿Cuales son los fungicidas utilizados?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



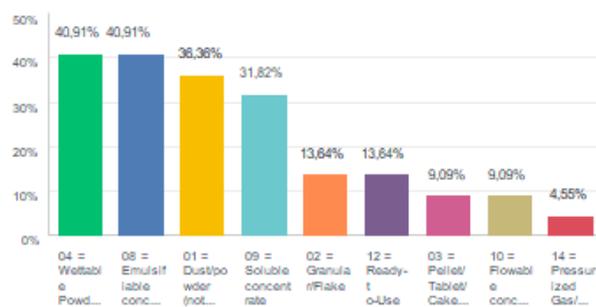
CHOIX DE REPONSES	REPONSES	
Antracol	13,64%	3
Fitoraz 76%	36,36%	8
Curathane	4,55%	1
Dithane F-MB PM	18,18%	4
Not Applicable	4,55%	1
Other	31,82%	7
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q10 ¿Que tipo de formulación de plaguicidas utilizan los agricultores?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



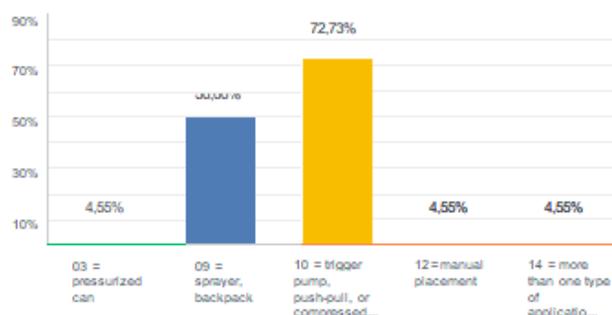
CHOIX DE REPONSES	REPONSES	
04 = Wettable Powder/dust	40,91%	9
08 = Emulsifiable concentrate	40,91%	9
01 = Dust/powder (not pressurized)	36,36%	8
09 = Soluble concentrate	31,82%	7
02 = Granular/Flake	13,64%	3
12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	13,64%	3
03 = Pellet/Tablet/Cake/Briquette	9,09%	2
10 = Flowable concentrate	9,09%	2
14 = Pressurized Gas/Fumigant	4,55%	1
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q11 ¿Que métodos de aplicación de plaguicidas utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



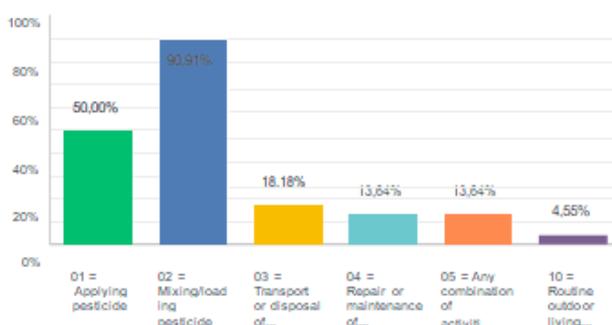
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
03 = pressurized can	4,55%	1
09 = sprayer, backpack	50,00%	11
10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	72,73%	18
12 = manual placement	4,55%	1
14 = more than one type of application equipment used	4,55%	1
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q12 Con relación a la manipulación de plaguicidas, ¿Que tipo de actividad laboral desempeñan principalmente los agricultores?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
01 = Applying pesticide	50,00%	11
02 = Mixing/loading pesticide	90,91%	20
03 = Transport or disposal of pesticide Transport	18,18%	4
04 = Repair or maintenance of pesticide application equipment	13,64%	3
05 = Any combination of activitiés 01-04	13,64%	3
10 = Routine outdoor living activities not involved with pesticide application	4,55%	1
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q13 ¿Que tipo de aparato respiratorio utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorées(s) : 0



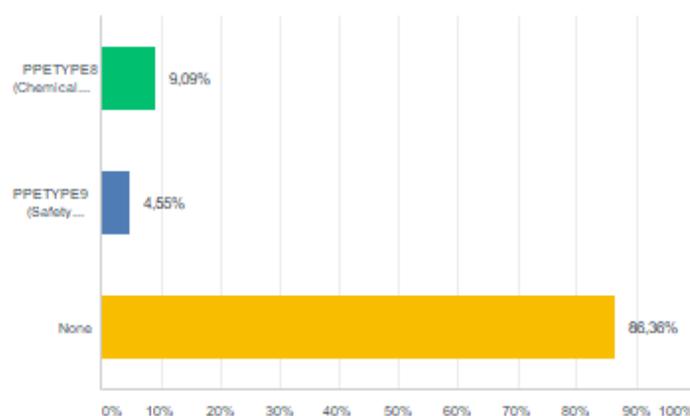
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
PPETYPE3 (Particulate Respirator including N95 and N99)	9,09%	2
PPETYPE4 (Dust mask/bandana)	31,82%	7
None	50,00%	11
Other	9,09%	2
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q14 ¿Que tipo de protección ocular utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorées(s) : 0



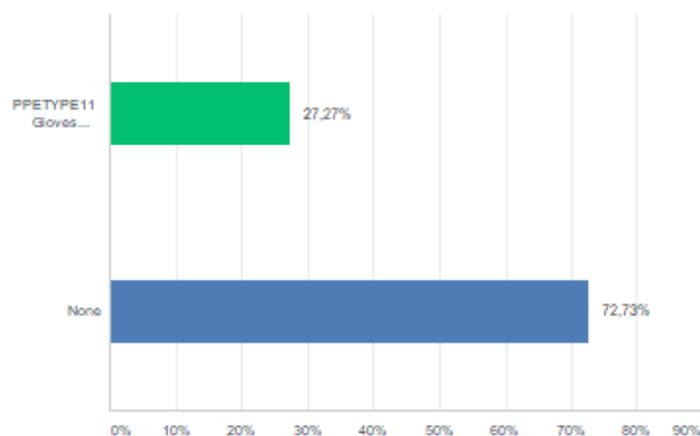
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
PPETYPE8 (Chemical Goggles)	9,09%	2
PPETYPE9 (Safety Glasses)	4,55%	1
None	86,36%	19
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q15 ¿Que tipo de guantes utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



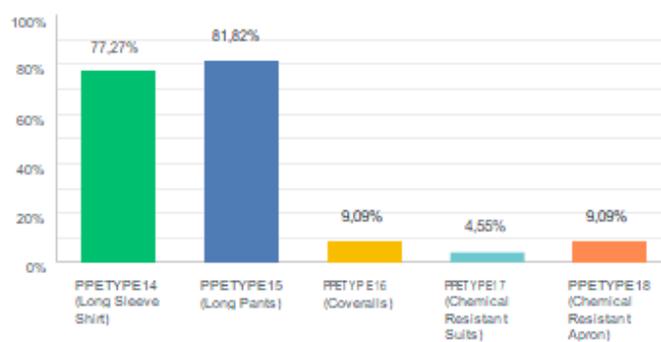
CHOIX DE RÉPONSES	REPONSES	
PPETYPE11 Goves (Chemical resistant gloves)	27,27%	6
None	72,73%	16
TOTAL		22

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q16 ¿Que tipo de ropa de trabajo utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



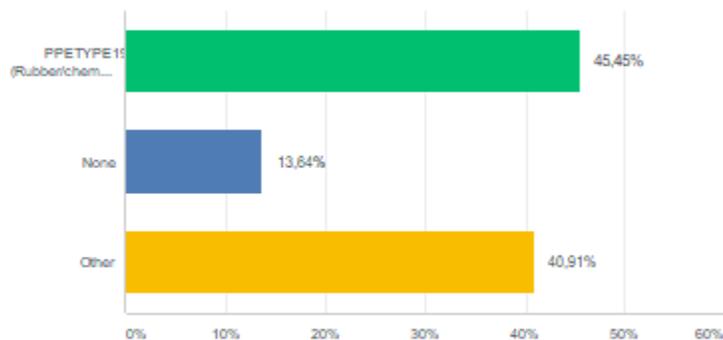
CHOIX DE RÉPONSES	REPONSES	
PPETYPE14 (Long Sleeve Shirt)	77,27%	17
PPETYPE15 (Long Pants)	81,82%	18
PPETYPE16 (Coveralls)	9,09%	2
PPETYPE17 (Chemical Resistant Suits)	4,55%	1
PPETYPE18 (Chemical Resistant Apron)	9,09%	2
Nombre total de participants : 22		

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q17 ¿Que tipo de botas de trabajo utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



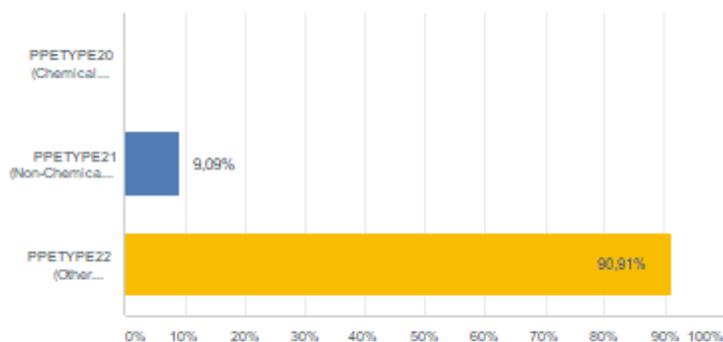
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
PPETYPE19 (Rubber/chemically resistant boots)	45,45%	10
None	13,64%	3
Other	40,91%	9
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q18 ¿Que tipo de protector de cabeza utilizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



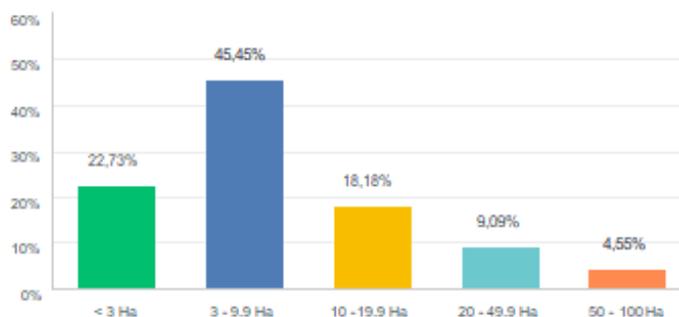
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
PPETYPE20 (Chemical Resistant Headgear)	0,00%	0
PPETYPE21 (Non-Chemical Resistant Headgear)	9,09%	2
PPETYPE22 (Other clothing/headgear protection)	90,91%	20
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q19 Del grupo de agricultores que usted conoce, ¿Cual es el total de hectáreas sobre las cuales aplican los plaguicidas?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



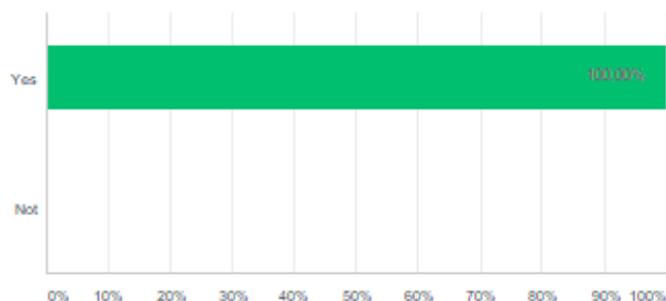
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
< 3 Ha	22,73%	5
3 - 9.9 Ha	45,45%	10
10 - 19.9 Ha	18,18%	4
20 - 49.9 Ha	9,09%	2
50 - 100 Ha	4,55%	1
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

### Q20 ¿Realizan los agricultores mezclas de plaguicidas?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



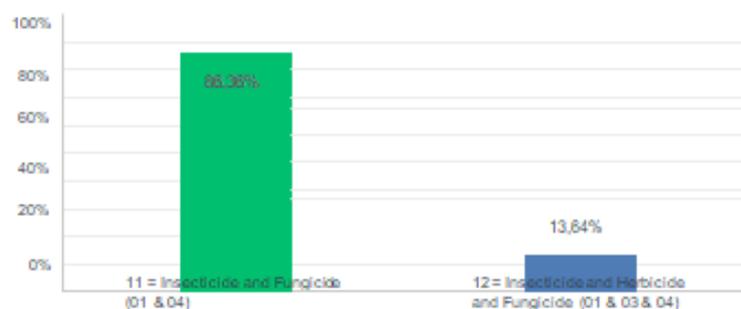
CHOIX DE RÉPONSES	RÉPONSES	
Yes	100,00%	22
Not	0,00%	0
<b>TOTAL</b>		<b>22</b>

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

## Q21 ¿Que tipo de mezclas realizan?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



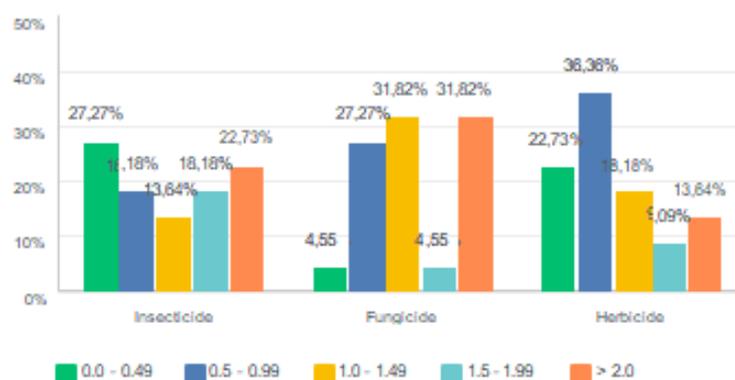
CHOIX DE RÉPON SES	RÉPON SES	
11 = Insecticide and Fungicide (01 & 04)	86,36%	19
12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	13,64%	3
TOTAL		22

Cuestionario para la evaluación del riesgo de exposición a los plaguicidas utilizados en el cultivo de la papa (Valle Chancay-Huaral)

SurveyMonkey

## Q22 En promedio ¿Que cantidad de plaguicida por hectárea utilizan los agricultores?

Réponses obtenues : 22 Question(s) ignorée(s) : 0



	0.0 - 0.49	0.5 - 0.99	1.0 - 1.49	1.5 - 1.99	> 2.0	TOTAL
Insecticide	27,27% 6	18,18% 4	13,64% 3	18,18% 4	22,73% 5	22
Fungicide	4,55% 1	27,27% 6	31,82% 7	4,55% 1	31,82% 7	22
Herbicide	22,73% 5	36,36% 8	18,18% 4	9,09% 2	13,64% 3	22

ANNEXE C

**Calcul de l'évaluation quantitative du risque par des observateurs  
(Sévérité l'exposition et Probabilité d'occurrence)**

Tableau résumé des résultats obtenus en utilisant les poids alloués par Onil et Ludovic

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE	RISQUE
1	VENTE	28.9	21.5	621.4
2	VENTE	29.8	21.5	639.6
3	VENTE	16.5	25.5	421.1
4	VENTE	25.8	21.5	553.6
5	VENTE	21.3	21.5	458.7
6	VENTE	28.9	19.5	563.6
7	VENTE	24.5	19.5	478.3
8	VENTE	20.4	21.5	438.6
9	VENTE	21.0	19.5	409.5
10	VENTE	22.7	21.5	487.3
11	VENTE	25.0	19.5	487.5
12	VENTE	29.8	19.5	580.1
13	VENTE	23.1	21.5	496.3
14	VENTE	18.1	21.5	388.8
15	VENTE	25.3	23.5	593.4
16	SENASA	29.3	25.5	745.9
17	SENASA	16.8	19.5	327.6
18	SENASA	27.3	21.5	585.9
19	SENASA	23.2	19.5	452.4
20	SENASA	24.7	21.5	531.5
21	SENASA	27.8	23.5	652.1
22	SENASA	24.7	27.5	677.9

## Calcul de la sévérité de l'exposition : poids alloués par Onil et Ludovic

PARTICIPANT : 1  
 ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized) OU 08 = Emulsifiable concentrate	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	28.90
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
TOTAL			34		MOYENNE	28.90

PARTICIPANT : 2  
 ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust OU 08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	29.75

PARTICIPANT : 3  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized)	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	30.60
	PPETYPE8	Chemical Goggles	-	70%	0.30	10.20
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.70
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.70
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
	TOTAL			34		MOYENNE

PARTICIPANT : 4  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
	TOTAL			35		MOYENNE

PARTICIPANT : 5  
 ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	02 = Granular/Flake	2	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	29.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	29.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	29.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	18.85
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	18.85
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.45
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	23.20
TOTAL			29		MOYENNE	21.34

PARTICIPANT : 6  
 ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized)	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	28.90
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
TOTAL			34		MOYENNE	28.90

PARTICIPANT : 7  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized)	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	30.60
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.70
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
TOTAL			34		MOYENNE	24.53

PARTICIPANT : 8  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized) OU 08 = Emulsifiable concentrate	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.70
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.70
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
TOTAL			34		MOYENNE	20.40

PARTICIPANT :

9

ACTIVITE:

VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE3	Respirator (Particulate Respirator including N95 and N99)	-	95%	0.05	1.75
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	21.00

PARTICIPANT :

10

ACTIVITE:

VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	09 = Soluble concentrate	5	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	32.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	32.00
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.60
	PPETYPE16	Coveralls	-	45%	0.55	17.60
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	27.20
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	25.60
TOTAL			32		MOYENNE	22.67

PARTICIPANT : 11  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	25.00

PARTICIPANT : 12  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust OU 08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	29.75

PARTICIPANT : 13  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	09 = Soluble concentrate	5	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE5	Other respiratory protection	-	10%	0.90	28.80
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	32.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	32.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	20.80
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	20.80
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.60
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	25.60
	TOTAL			32		MOYENNE

PARTICIPANT : 14  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE3	Respirator (Particulate Respirator including N95 and N99)	-	35%	0.65	22.75
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE16	Coveralls	-	45%	0.55	19.25
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	18.08

PARTICIPANT : 15  
 ACTIVITE: VENDE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE5	Other respiratory protection	-	10%	0.90	31.50
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots	-	95%	0.05	1.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
	TOTAL			35		MOYENNE

PARTICIPANT : 16  
 ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust OU 09 = Soluble concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	31.50
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
	TOTAL			35		MOYENNE

PARTICIPANT : 17

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized)	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	01 = Applying pesticide	8	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	28.80
	PPETYPE8	Chemical Goggles	-	70%	0.30	9.60
	PPETYPE11	Gloves (Chemical resistant gloves)	-	95%	0.05	1.60
	PPETYPE17	Chemical Resistant Suits	-	75%	0.25	8.00
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	27.20
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	25.60
TOTAL			32		MOYENNE	16.80

PARTICIPANT : 18

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust OU 09 = Soluble concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	31.50
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE21	Non-Chemical Resistant Headgear	-	60%	0.40	14.00
TOTAL			35		MOYENNE	27.25

PARTICIPANT : 19

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	2	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	26.10
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	29.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	29.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	18.85
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	18.85
	NONE	Protection shoes	-	0%	1.00	29.00
	PPETYPE21	Non-Chemical Resistant Headgear		60%	0.40	11.60
	TOTAL			29		MOYENNE

PARTICIPANT : 20

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE18	Chemical Resistant Apron		70%	0.30	10.50
	PPETYPE19	Rubber/chemically resistant boots		95%	0.05	1.75
	NONE	Head protection		0%	1.00	35.00
TOTAL			35		MOYENNE	24.72

PARTICIPANT : 21

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	14 = Pressurized Gas/Fumigant	10	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	PPETYPE4	Dust mask/bandana	-	10%	0.90	33.30
	PPETYPE9	Safety Glasses	-	50%	0.50	18.50
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	37.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	24.05
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	24.05
	PPETYPE18	Chemical Resistant Apron		70%	0.30	11.10
	NONE	Protection shoes	-	0%	1.00	37.00
	NONE	Head protection		0%	1.00	37.00
	TOTAL			37		MOYENNE

PARTICIPANT : 22

ACTIVITE: SENASA

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	12 = Ready-to-Use Liquid/Solution	2	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	09 = sprayer, backpack	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	29.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	29.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	29.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	18.85
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	18.85
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	24.65
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	23.20
	TOTAL			29		MOYENNE

## Calcul de la probabilité d'occurrence : poids alloués par Onil et Ludovic

PARTICIPANT : 1  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	10 - 19.9 Ha	6	6
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	13,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	1.5 - 3.0	8	21,5

PARTICIPANT : 2  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	11,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	2.0 - 3.5	10	21.5

PARTICIPANT : 3  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	20 - 49.9 Ha	8	8
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	15,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>3.0	10	25,5

PARTICIPANT : 4  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	11,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>4.5	10	21,5

PARTICIPANT : 5  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>2.0	10	21.5

PARTICIPANT : 6  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide, Fongicide et Herbicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>1.5	8	19.5

PARTICIPANT : 7  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	< 3 Ha	2	2
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	9.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>2.0	10	19.5

PARTICIPANT : 8  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	10 - 19.9 Ha	6	6
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	13.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	1.5 - 2.0	8	21.5

PARTICIPANT : 9  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	1.5 - 2.0	8	19.5

PARTICIPANT : 10  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>3.0	10	21.5

PARTICIPANT : 11  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	< 3 Ha	2	2
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	9.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>4.0	10	19.5

PARTICIPANT : 12  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	< 3 Ha	2	2
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	9.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>3.0	10	19.5

PARTICIPANT : 13

ACTIVITE :	VENTE DE PESTICIDES			
VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	> 4.0	10	21.5

PARTICIPANT : 14

ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>2.5	10	21.5

PARTICIPANT : 15

ACTIVITE :	VENTE DE PESTICIDES			
VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	10 - 19.9 Ha	6	6
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	13.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>5.0	10	23.5

PARTICIPANT : 16

ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	20 - 49.9 Ha	8	8
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	15.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>5.0	10	25.5

PARTICIPANT : 17  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	< 3 Ha	2	2
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	9.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>3.0	10	19.5

PARTICIPANT : 18  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide, Fongicide et Herbicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>6.0	10	21.5

PARTICIPANT : 19  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	< 3 Ha	2	2
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	9.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>4.0	10	19.5

PARTICIPANT : 20  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7.5	11.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>2.5	10	21.5

PARTICIPANT : 21  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	10 - 19.9 Ha	6	6
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fungicide	7.5	13.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>2.0	10	23.5

PARTICIPANT : 22  
 ACTIVITE : VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	50 - 100 Ha	10	10
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fungicide	7.5	17.5
Qty PESTICIDE	QTY IA	>4.5	10	27.5

ANNEXE D

**Profil, expertise et coordonnées des experts dans l'évaluation de l'exposition aux  
pesticides au milieu agricole**

1. Onil Samuel, conseiller scientifique santé et environnement, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie (DSET) Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Téléphone: (418) 650-5115 poste 4639 Courriel: [onil.samuel@inspq.qc.ca](mailto:onil.samuel@inspq.qc.ca).  
Domaine de recherche : Pesticides, variables d'exposition
2. Jacques Lavoie / Chercheur. B. Sc. biologie; D.E.S.S. santé au travail; M. Sc. A. hygiène du travail. Il est chercheur à l'IRSST depuis 1982. Il a participé à plus de 150 publications savantes ou vulgarisées en santé et en sécurité du travail et a présenté autant de communications scientifiques.  
Domaine d'expertise : Agriculture, qualité de l'air, évaluation et contrôle des bioaérosols, métiers de l'environnement et emplois verts. Tel. 514 288-1551, poste : 329. E-mail : [lavoie.jacques@irsst.qc.ca](mailto:lavoie.jacques@irsst.qc.ca)
3. Ludovic Tuduri / Chercheur. D.U.T chimie; M. Sc. chimie physique; D.E.A. chimie, microbiologie de l'eau; Ph. D. chimie analytique; C. santé environnementale et santé au travail. Depuis 2011, il est chercheur à l'IRSST dans le Service de prévention des risques chimiques et biologiques et professeur adjoint à l'Université de Montréal. Téléphone: 514 288-1551, poste 239.  
Courriel: [ludovic.tuduri@irsst.qc.ca](mailto:ludovic.tuduri@irsst.qc.ca)  
Intérêts de recherche : la protection respiratoire et la protection cutanée.
4. Caroline Jolly, M.Sc kinanthropologie concentration ergonomie. professionnelle scientifique à l'IRSST depuis 2012 dans le champ Prévention durable en SST et environnement de travail. Elle a travaillé sur des projets de recherche, des mines à l'agriculture. Téléphone: 514 228-1551, poste 223  
Courriel: [caroline.jolly@irsst.qc.ca](mailto:caroline.jolly@irsst.qc.ca)

ANNEXE E

**Exemple d'application de la méthode d'évaluation du risque d'exposition  
professionnel aux pesticides**

## 1. L'évaluation quantitative du risque d'exposition professionnel aux pesticides

Le risque d'exposition professionnel aux pesticides (R) est le résultat de la multiplication de la valeur de la sévérité de l'exposition (S) par la valeur de la probabilité d'occurrence (P). Alors, la formule peut s'exprimer ainsi :

$$R = S \times P$$

Premièrement, il faut estimer la valeur de la sévérité de l'exposition (S) en caractérisant l'exposition à partir des cinq variables d'exposition, soit (1) le type de pesticide, (2) la formulation, (3) la méthode d'application, (4) le type d'activité et (5) l'utilisation des EPP. Les résultats de l'enquête par rapport aux 22 participants sont affichés dans l'Annexe C p. 119. À titre d'exemple, le tableau ci-dessous montre le résultat de la caractérisation de la sévérité de l'exposition ne correspondant qu'aux 2 premiers participants.

PARTICIPANT : 1  
ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES	FUNCLAS	CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	01 = Dust/powder (not pressurized) OU 08 = Emulsifiable concentrate	7	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	14 = more than one type of application equipment used	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	02 = Mixing/loading pesticide	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	28.90
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
TOTAL			34		MOYENNE	28.90

PARTICIPANT : 2  
ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES	FUNCLAS	CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Type de pesticides	FUNCLAS	12 = Insecticide and Herbicide and Fungicide (01 & 03 & 04)	8	-	-	
Formulation	FORM	04 = Wettable Powder/dust OU 08 = Emulsifiable concentrate	8	-	-	
Methode d'application	EQUIPMEN	10 = trigger pump, push-pull, or compressed air hand sprayer	9	-	-	
Type d'activité	ACTEXPIND	05 = Any combination of activities 01-04	10	-	-	
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	29.75

Pour la variable type de pesticide (FUNCLAS), les participants 1 et 2 affirment qu'ils font des mélanges de pesticides d'insecticides, herbicides et fongicides, soit la valeur affichée avec le numéro 12 dans le Tableau 3.2 : Classification fonctionnelle des pesticides p. 53.

Pour la variable formule (FORM), le participant 1 soutient qu'il utilise la formule 01, soit la poussière/poudre (non pressurisée). Par contre, le participant 2 utilise la formule 04 poussière/poudre mouillable affichée dans Tableau 3.3 : Formule physique du produit p. 54.

Pour la variable méthode d'application (EQUIPMEN), le participant 1 utilise plus d'un type d'équipement pour l'application des pesticides. Le participant 2 utilise le pulvérisateur à main d'air comprimé ou poussée-traction, pompe de déclenchement affiché dans le tableau 3.4 : Type d'équipement ou méthode d'application p. 55 avec les numéros 14 et 10 respectivement.

Pour la variable type d'activité (ACTEXPIND), le participant 1 affirme qu'il fait des activités de mélange et charge de pesticides. Par contre, le participant 2 fait un ensemble d'activités tel qu'affiché dans le tableau 3.5 : Type d'activités développées au moment de l'exposition p. 56 avec les numéros 2 et 5 respectivement.

À partir de la caractérisation des quatre premières variables qui définissent partiellement la sévérité de l'exposition, il faut faire la correspondance avec les poids déterminés par les experts, soit par M. Jacques Lavoie ainsi que par M. Samuel Onil et M. Ludovic dans l'Annexe A p. 84. Le résultat est affiché dans la colonne POIDS du tableau précédant.

La cinquième variable qui définit la sévérité de l'exposition, soit l'utilisation des EPP (PPETYPE), est caractérisée à partir des types d'EPP utilisés par les participants 1 et 2 et standardisés selon le Tableau 3.6 : Types d'EPP p. 57, tel qu'affichés dans les tableaux ci-dessous.

PARTICIPANT :		1				
ACTIVITE:		VENTE DE PESTICIDES				
VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	34.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	34.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.10
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	28.90
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	27.20
		TOTAL	34		MOYENNE	28.90

PARTICIPANT : 2  
 ACTIVITE: VENTE DE PESTICIDES

VARIABLES		CARACTERISATION DE L'EXPOSITION	POIDS	% PROTECTION	FPENETRATION	SEVERITE
Utilisation des EPP	NONE	None respiratory protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None eye protection	-	0%	1.00	35.00
	NONE	None gants de protection	-	0%	1.00	35.00
	PPETYPE14	Long Sleeve Shirt	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE15	Long Pants	-	35%	0.65	22.75
	PPETYPE	Other (Tennis)	-	15%	0.85	29.75
	PPETYPE22	Other clothing/headgear protection	-	20%	0.80	28.00
TOTAL			35		MOYENNE	29.75

Les valeurs de la colonne % protection ont été déterminées par M. Jacques Lavoie ainsi que par M. Samuel Onil et M. Ludovic dans l'Annexe A p. 84. Les valeurs de la colonne facteur de pénétration (fpenetration), sont le complément des valeurs du % protection, soit (1- % protection).

La valeur de la sévérité de l'exposition est la valeur moyenne résultant du produit de la somme totale des poids des quatre premières variables, multiplié par la valeur du facteur de pénétration de chaque type d'EPP utilisé. Le résultat de l'utilisation des EPP, soit la somme totale des poids de la sévérité de l'exposition, a été réduit de la valeur 34 à 28.9 pour le participant 1 et de la valeur 35 à 29.75 pour le participant 2, tel qu'affiché dans tableau précédent.

Toutes les valeurs estimées de la sévérité de l'exposition (S) sont affichées dans les tableaux 4.1 et 4.2 p. 65-66 de l'essai.

Deuxièmement, il faut estimer la valeur de la probabilité d'occurrence (P) à partir des trois variables que la caractérisent, soit (1) le nombre d'acres traités, (2) le nombre de mélanges de pesticides et (3) la quantité d'ingrédients actifs de pesticides utilisés Kg-L/ha. À chacune de ces trois variables a été alloué un poids maximal de 10 points divisés en 5 catégories.

Pour la variable Nombre d'hectares traités (Ha\_TREATED), le participant 1 affirme qu'il cultive entre 10-19.9 Ha. D'ailleurs, le participant 2 soutient qu'il cultive entre 3-9.9 Ha. Alors, selon le nombre de Ha traités au participant 1, on doit allouer un poids de 6 tandis qu'au participant 2, c'est un poids de 4 selon l'échelle définie dans le tableau 3.7, p. 58 de l'essai.

Pour la variable Nombre de mélanges de pesticides (NMIX), les participants 1 et 2 ont rapporté faire des mélanges. Alors, en absence d'information précise, il est pertinent d'allouer le 75% du pointage maximal de l'échelle d'évaluation du risque, tel que convenu par (Zalk, D., et al., 2009, p. 1688) (p. 58 de l'essai), soit la valeur 7.5.

Pour la variable Quantité d'ingrédients actifs de pesticides utilisés, Kg-L/ha (QTY IA), le participant 1 utilise entre 1.5-3.0 Kg-L/ha tandis que le participant 2 entre 2.0-3.5 Kg-L/ha. Alors, au participant 1, on doit allouer un poids de 8 tandis que pour le participant 2, c'est un poids de 10 selon l'échelle définie dans le tableau 3.8, p. 59 de l'essai. Les résultats correspondant à ceux des trois variables sont affichés dans le tableau ci-dessous.

PARTICIPANT :		1		
ACTIVITE :		VENTE DE PESTICIDES		
VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	10 - 19.9 Ha	6	6
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	13,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	1.5 - 3.0	8	21,5

PARTICIPANT :		2		
ACTIVITE :		VENTE DE PESTICIDES		
VARIABLES		CARACTERISATION DE LA PROBABILITE	POIDS	PROBABILITE
Ha Treated Number	Ha Treated	3 - 9.9 Ha	4	4
Mix Number	NMIX	Insecticide et Fongicide	7,5	11,5
Qty PESTICIDE	QTY IA	2.0 - 3.5	10	21.5

Alors, en connaissant la valeur de la sévérité de l'exposition (S) ainsi que la valeur de la probabilité d'occurrence (P), il reste à estimer la valeur du risque d'exposition professionnel aux pesticides (R) en utilisant la formule  $R = S \times P$ . Les résultats des 22 participants sont affichés dans les tableaux 4.1 et 4.2 p. 65 et 66 de l'essai. À titre d'exemple, les résultats correspondant aux participants 1 et 2 sont indiqués dans le tableau suivant.

PARTICIPANT	ACTIVITE	SEVERITE	PROBABILITE	RISQUE
1	VENTE	28.9	21.5	621.4
2	VENTE	29.8	21.5	639.6

## **2. L'évaluation qualitative du risque d'exposition professionnel aux pesticides**

L'évaluation qualitative du risque résulte de faire la correspondance entre (1) les valeurs de l'échelle de l'intervalle de la sévérité et la probabilité définie dans le tableau 3.9 p. 60 de l'essai et (2) les valeurs quantitatives de la sévérité et probabilité affichées dans les tableaux 4.1 et 4.2 p. 65 et 66 de l'essai. Ainsi, par exemple :

Pour le participant 1, les valeurs de sévérité et probabilité sont (28.9, 21.5). Alors, à ces valeurs, on doit allouer la qualification (Très Haute, Probable) selon le Tableau 3.9 p. 60 de l'essai.

Pour le participant 2, les valeurs de sévérité et de probabilité sont (29.8, 21.5). Alors, à ces valeurs, on doit allouer la qualification (Mortelle, Probable) selon le Tableau 3.9 p. 60 de l'essai.

Le résultat correspondant aux 22 participants sont affichés dans les tableaux 4.4 et 4.6 p. 70, 72 de l'essai.

## **3. La catégorisation qualitative du risque**

La catégorisation qualitative du risque résulte de faire la correspondance entre (1) la valeur quantitative du risque (R) et (2) l'échelle de l'intervalle définie dans le tableau 3.10 p. 61 de l'essai. Ainsi, par exemple :

Pour le participant 1, la valeur quantitative est 621.4. Alors, cette valeur correspond à une qualification considérée comme élevée.

Pour le participant 2, la valeur quantitative est 639.6. Alors, cette valeur correspond à une qualification considérée comme élevée.