

Mise en visibilité des situations d'exposition cutanée aux pesticides et des pratiques de prévention

Développement méthodologique réalisé en collaboration
avec des producteurs de pommes québécois

(2^e édition)

Caroline Jolly
Sylvie Beaugrand
Ludovic Tuduri
Élise Ledoux
Alain Garrigou

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1132



NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique InfoIRSST

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022

ISBN : 978-2-89797-215-8 (2^e édition, 2022)

ISBN : 978-2-89797-158-8 (1^{re} édition, 2021)

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2022

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

Mise en visibilité des situations d'exposition cutanée aux pesticides et des pratiques de prévention

Développement méthodologique réalisé en collaboration avec des producteurs de pommes québécois

(2^e édition)

Caroline Jolly¹, Sylvie Beaugrand¹, Ludovic Tuduri²,
Élise Ledoux³, Alain Garrigou²

1.IRSST

2.Université de Bordeaux

3.Université du Québec à Montréal (UQAM)

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1132

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document.

En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cette édition comporte les corrections suivantes :

Page 3 : 3^e paragraphe, la dernière phrase doit se lire comme suit : Cette recherche a été menée dans le cadre de la thèse de Caroline Jolly (dépôt prévu **hiver 2022**), ergonomiste; elle représente un des trois volets de la recherche menée entre 2018 et 2019.

Page 22 : 2^e paragraphe, la 2^e phrase doit se lire comme suit : Sur les **473** contacts codés, **86** sont des contacts « incertains ».

Page 38 : Tableau 13 : Utilisation du captane (Supra® captan ou Maestro®) : nombre de préparation-remplissage et quantité utilisée. Les données des colonnes « Nombre total de préparation-remplissage » et « % du nombre total » ont été corrigées.

Page 88 : 1^{er} paragraphe, la fin de la 3^e phrase devrait se lire comme suit :[...] données expérimentales sur les vêtements de protection, **rapportent une valeur médiane de migration à travers le Tyvek® de 11,3 % (équivalent à une protection de 88,7 %) et le 75^e percentile de migration à 14,2 % (équivalent à une protection de 85,8 %).**



ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

« L'ouvrage que vous faites nous éclaire, nous questionne... »

(Extrait de verbatim de l'atelier d'échange)

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche tient à remercier :

- les producteurs de pommes qui ont participé à l'activité de recherche, en nous accueillant à six reprises dans leurs exploitations et qui se sont déplacés à nos bureaux pour l'atelier d'échange;
- les différents acteurs du secteur, tels que le club-conseil en agriculture Agropomme, Évelyne Barriault et Karine Bergeron du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), organisatrices de la Journée horticole Pommes à Saint-Rémi, et tout particulièrement les Producteurs de pommes du Québec (PPQ) pour leur soutien lors du recrutement des participants;
- les membres du comité de suivi, Mélanie Noël, Jennifer Gagné et François Blouin, représentant les Producteurs de pommes du Québec; François Granger, de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST); Marie Ménard et Katia Colton Gagnon, de l'Union des producteurs agricoles (UPA); Évelyne Cambron-Goulet, de la Direction de la santé publique de la Montérégie; Isabelle Gorse, du ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et Jérémie Allain de l'Agence de la réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA);
- les étudiants du Diplôme universitaire de technologie, spécialité Hygiène sécurité environnement (DUT-HSE) de l'université de Bordeaux ayant participé à l'activité de recherche, Xabi Artiguebille (2018) et Suzanne Vannier (2019);
- des collègues de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Maud Gonella de la Direction de la prévention des problématiques SST et réadaptation, Annie Mathieu de la Direction des communications et de la valorisation de la recherche qui ont soutenu et collaboré de diverses façons à la réalisation de ce rapport de recherche.

SOMMAIRE

Dans une optique de rentabilité visant la survie de l'entreprise, et pour répondre aux attentes de qualité du marché, les agriculteurs utilisent des pesticides. La littérature scientifique documente largement les effets à la santé susceptibles d'être liés à l'utilisation des pesticides. Plusieurs auteurs mentionnent l'importance de la voie cutanée comme voie d'exposition aux pesticides. Ce rapport présente le développement d'une méthodologie mixte alliant ergonomie et expologie visant à documenter l'exposition cutanée, les situations d'exposition et les pratiques de prévention associées.

Il s'appuie sur un devis de recherche par étude de cas qui se décline en quatre étapes : une étude exploratoire financée par l'IRSST (Champoux, Jolly, Beaugrand et Tuduri, 2018), la collecte terrain de données mixtes (Étape 1), la confrontation des producteurs aux données mixtes (Étape 2), et la bibliothèque de situations d'expositions cutanée et des pratiques de prévention associées (Étape 3). Lors de ces parties, différentes méthodes ont été utilisées : entretiens semi-dirigés (préliminaire, postobservation), entretiens d'autoconfrontation, atelier d'échange, observations filmées, mesures d'exposition cutanée externe avec un vêtement collecteur.

Outre les contacts directs avec la formulation commerciale (projection, aérosolisation, déversement), lors de leur activité de travail, les producteurs peuvent entrer en contact avec des résidus de pesticides déposés dans l'environnement en touchant les emballages de pesticides entreposés, le matériel de pulvérisation ou les outils de mesure. Les contacts avec des résidus sont également possibles lors des travaux au verger. Peu d'études se sont intéressées à la présence des résidus de pesticides antérieurement utilisés dans l'environnement de travail. Dans une étude, Champoux *et al.* (2018) ont dénombré trente-trois situations potentielles (issues de l'observation de l'activité de travail, mais sans mesure de l'exposition) de microexposition lors du cycle complet de l'utilisation des pesticides. Par ailleurs, au travers des observations et des entretiens, des pratiques de prévention ont émergé et se sont avérées complémentaires au port des vêtements de protection. Ainsi, les pratiques de prévention élaborées par les pomiculteurs semblent être une piste intéressante à explorer pour la réduction de l'occurrence des contacts avec les pesticides afin de limiter l'exposition. Étant majoritairement de propriétaires-exploitants de microexploitations, le collectif de travail est quasi inexistant chez les pomiculteurs, ainsi, il y a peu de possibilités d'échanges d'expérience. Toutefois d'après Mohammed-Brahim et Garrigou (2009) et Champoux *et al.* (2018), le partage des pratiques de prévention pourrait contribuer sensiblement à la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides.

Le devis méthodologique élaboré a permis documenter l'exposition cutanée, les situations d'exposition et les pratiques de prévention associées. La mesure de l'exposition cutanée menée à l'aide d'une combinaison Tyvek® (vêtement collecteur) a servi à caractériser l'exposition cutanée aux pesticides lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger. Les résultats obtenus avec un petit nombre d'observations révèlent un niveau d'exposition élevé. L'approche mixte, jumelant à la fois l'analyse de l'activité de travail et la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur, a permis d'identifier les contacts entre les producteurs et les sources d'exposition. La méthodologie développée a permis un premier pas dans la compréhension de l'exposition en documentant les situations d'exposition. La compréhension des situations d'exposition a été une étape préalable pour construire des outils utilisés lors d'un atelier d'échange permettant aux pomiculteurs de décrire et de partager leurs pratiques de prévention. Les producteurs, à partir des supports vidéo et des résultats d'exposition, ont échangé entre eux

sur les pratiques de prévention permettant de réduire leur exposition, ainsi que la contamination de leur environnement de travail et de leur milieu de vie. La bibliothèque, proposée dans le cadre de ce rapport, synthétise les situations d'exposition et les pratiques de prévention à partir desquelles des actions pourraient être envisagées afin de favoriser la réduction de l'exposition cutanée aux pesticides.

Ainsi, ce portrait de l'exposition, obtenu avec seulement huit cas, soulève l'importance de mettre en place des mesures pour protéger les producteurs. La variabilité des situations de travail observées et des situations d'exposition recueillies justifie l'importance de la prise en compte de l'activité de travail réelle des producteurs dans le développement des moyens de prévention actuellement en place au Québec.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xi
1. PROBLÉMATIQUE	1
2. OBJECTIFS DE RECHERCHE	5
3. MÉTHODOLOGIE	7
3.1 Le devis de recherche	7
3.2 Étude exploratoire	10
3.3 ÉTAPE 1 : Collecte terrain de données mixtes	12
3.3.1 Recrutement des exploitations.....	12
3.3.2 Collecte de données terrain	13
3.3.3 Analyse des données mixtes	19
3.3.4 Triangulation des données mixtes	25
3.4 ÉTAPE 2 : Confrontation des producteurs aux données mixtes	26
3.4.1 Entretiens d'autoconfrontation	26
3.4.2 Analyse des résultats issus des entretiens d'autoconfrontation	28
3.4.3 Atelier d'échange	28
3.4.4 Analyse des résultats issus de l'atelier d'échange.....	29
3.5 ÉTAPE 3 : Bibliothèques des situations d'exposition	29
4. RÉSULTATS	33
4.1 Les pomiculteurs, leur exploitation et l'utilisation des pesticides.....	33
4.1.1 Caractéristiques des pomiculteurs et de leur exploitation.....	33
4.1.2 La diversité des tâches des pomiculteurs	34
4.1.3 Portrait de l'utilisation des pesticides	36
4.2 Exposition cutanée aux pesticides	38
4.2.1 La mesure d'exposition cutanée lors de la tâche de préparation-remplissage	38
4.2.2 La mesure d'exposition cutanée lors de travaux au verger	44
4.3 Mise en visibilité des situations d'exposition	49
4.3.1 Les situations d'exposition lors de la tâche de préparation-remplissage	49

4.3.2	Les situations d'exposition lors du déroulement de la tâche d'éclaircissage manuel.....	66
4.4	Émergence des pratiques de prévention.....	67
4.4.1	Retour sur la définition de pratiques de prévention	68
4.4.2	Exemple : l'arrêt du ventilateur du pulvérisateur.....	68
4.4.3	Exemple : le retrait des vêtements de travail	70
4.4.4	Retour sur la méthodologie mixte	72
4.5	Bibliothèques de situations d'exposition cutanée et des pratiques de prévention associées.....	73
4.5.1	Bibliothèque de la tâche de préparation-remplissage.....	74
4.5.2	Bibliothèque de la tâche d'éclaircissage manuel	82
4.5.3	Retour sur l'intérêt de la méthodologie mixte pour compléter la bibliothèque de Champoux et al. (2018).....	83
5.	DISCUSSION	85
5.1	La mesure de l'exposition aux pesticides en milieu de travail	85
5.2	Comprendre les situations d'exposition aux pesticides : l'intérêt d'une approche mixte.....	90
5.3	Des situations d'exposition aux pratiques de prévention : quelle préparation pour faciliter le partage et les échanges.....	93
6.	CONCLUSION.....	95
	BIBLIOGRAPHIE	99
	ANNEXE A : DÉFINITION DE LA VARIABLE « PARTIE DU CORPS » ET DE SES MODALITÉS.....	105
	ANNEXE B : DÉFINITION DE LA VARIABLE « SOURCE D'EXPOSITION ET DE SES MODALITÉS.....	107
	ANNEXE C : LISTE DES MATIÈRES ACTIVES ANALYSÉES ET TYPES D'ANALYSE RÉALISÉS.....	109

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Détails de la collecte 2015 - Groupe 1 (inspiré du Tableau 1, Champoux <i>et al.</i> (2018)).....	11
Tableau 2.	Détails de la collecte terrain données mixtes– groupe 2.....	13
Tableau 3.	Thèmes abordés lors des entretiens postobservation.....	19
Tableau 4.	Listes des variables et modalités d'observation pour le sous-objectif 1.....	21
Tableau 5.	Listes des variables et modalités d'observation pour le sous-objectif 2.....	22
Tableau 6.	Déroulement des entretiens d'autoconfrontation.....	27
Tableau 7.	Détails des montages vidéo utilisés pour l'atelier d'échange.....	29
Tableau 8.	Méthodes mobilisées dans le projet de Champoux <i>et al.</i> (2018) et la présente recherche.....	30
Tableau 9.	Entête et descriptif des tableaux de la bibliothèque proposée.....	31
Tableau 10.	Caractéristiques des cinq exploitations participantes.....	34
Tableau 11.	Répartition des tâches de pulvérisation et d'éclaircissage manuel en 2018.....	36
Tableau 12.	Nombre de préparations-remplissages de pulvérisateur effectués par année (n = 5 exploitations).....	37
Tableau 13.	Utilisation du captane (Supra® captan ou Maestro®) : nombre de préparation-remplissage et quantité utilisée.....	38
Tableau 14.	Matières actives, manipulées (en bleu) ou non manipulées durant la tâche de préparation-remplissage, mesurées sur le corps entier (µg).....	39
Tableau 15.	Valeurs des frottis effectués.....	41
Tableau 16.	Valeurs de captane mesurées (en µg) par parties du corps lors de la manipulation du captane (cases en orange valeur ≥ à la médiane, valeurs en rouge > 75 ^e percentile).....	43
Tableau 17.	Liste de matières actives (M.A.) détectées lors de la mesure d'exposition pour les travaux au verger (éclaircissage manuel, dépistage et taille) selon les valeurs mesurées sur le corps entier (µg), le nombre de jours entre la date de la collecte et la dernière utilisation et la quantité de pluie (en mm) depuis la dernière utilisation.....	45
Tableau 18.	Répartition des valeurs mesurées de captane par partie du corps en µg par producteur.....	48
Tableau 19.	Synthèse des pesticides manipulés pour les Cas 1bis et 5, Prépa N°2.....	50
Tableau 20.	Synthèse du nombre de parties du corps entrant en contact avec une source d'exposition et valeurs des matières actives mesurées (en µg) sur les parties du corps lors de la manipulation du captane et du benzovindiflupyr – Cas 1bis Prépa N°2 (cases en orange valeur ≥ à la médiane, valeurs en rouge > 75 ^e percentile).....	58

Tableau 21.	Synthèse du nombre de parties du corps entrant en contact avec une source d'exposition et valeurs des matières actives mesurées (en µg) sur les parties du corps lors de la manipulation du captane – Cas 5 Prépa N°2.....	65
Tableau 22.	Nombre de pratiques de prévention observées et discutées avec les producteurs lors des étapes de collecte individuelle.	72
Tableau 23.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – utiliser les équipements de protection individuelle	75
Tableau 24.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage - préparer le tracteur et le pulvérisateur.....	76
Tableau 25.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – mesurer les produits.....	78
Tableau 26.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – insérer les produits dans le pulvérisateur.....	80
Tableau 27.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – disperser les produits dans la cuve du pulvérisateur.....	81
Tableau 28.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – ranger les contenants.....	82
Tableau 29.	Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Éclaircissage manuel.....	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Détails du devis de recherche.	9
Figure 2.	Illustration de la complémentarité des trois angles de vues filmés lors d'une tâche de préparation-remplissage.	15
Figure 3.	Endossement du vêtement collecteur (A), découpage du vêtement (B), schéma de découpe (C).	17
Figure 4.	Réalisation de frottis sur le boyau d'eau (à gauche), sur le pulvérisateur (à droite).	18
Figure 5.	Exemple d'informations présentes sur les registres de pesticides recueillis.	23
Figure 6.	Les 4 étapes de la tâche de préparation remplissage.	35
Figure 7.	Pondération des valeurs d'exposition au captane mesurées par la masse de matière active de captane utilisée pour chaque Cas (en µg/kg m.a.) classée selon la masse de captane utilisée (en kg).	40
Figure 8.	Valeurs d'exposition du corps entier au captane en µg/min, classées selon la durée d'observation.	46
Figure 9.	Site de préparation-remplissage du Cas 1bis.	50
Figure 10.	Aménagement du site de pesée dans l'entrepôt du Cas 1bis.	51
Figure 11.	Caractéristiques du pulvérisateur du Cas 1bis.	51
Figure 12.	Appareil de protection respiratoire placé autour du cou du producteur du Cas 1bis.	52
Figure 13.	Contact des jambes et cuisses avec les contenants entreposés (Cas 1bis).	52
Figure 14.	Transvasement lors de la pesée du Supra® captan (Cas 1bis).	54
Figure 15.	Contact des membres inférieurs avec la cuve du pulvérisateur lors de l'insertion des produits (Cas 1bis).	55
Figure 16.	Contact du ventre avec la bouteille de benzovindiflupyr lors du retrait de l'étiquette (Cas 1bis).	57
Figure 17.	Site de préparation-remplissage du Cas 5.	60
Figure 18.	Caractéristiques du pulvérisateur du Cas 5.	61
Figure 19.	Transvasement lors de la mesure (Cas 5).	62
Figure 20.	Accès au pulvérisateur (Cas 5).	62
Figure 21.	Producteur du Cas 5 lors de l'insertion des produits.	63
Figure 22.	Cas 6 (à gauche), Cas 1bis (au centre) et Cas 8 (à droite).	67
Figure 23.	Photo d'un exemple de pulvérisateur à verger.	69

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ARLA :	Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada
CAPQ :	Centre antipoison du Québec
CNESST :	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
EPI :	Équipement de protection individuelle
IRSST :	Institut Robert-Sauvé de recherche en santé et sécurité du travail
M.A. :	Matière active
OCDE :	Organisation de coopération et de développement économique
PE :	Petite entreprise
PFI :	Production fruitière intégrée
UPA :	Union des producteurs agricoles

1. PROBLÉMATIQUE

Le secteur agricole au Canada regroupait 193 492 exploitations en 2016 (Statistique Canada, 2017). Il est représenté à près de 70 % par des entreprises ayant entre 1 à 4 employés (Innovation, 2016). Les petites entreprises (PE) de 49 travailleurs et moins ont une place importante dans l'économie du Québec et représentent 33,1 % de la main-d'œuvre à l'emploi (Champoux et Prud'homme, 2017). Au Québec, un peu plus du tiers des lésions avec perte de temps surviennent dans les PE (33 494, période de 2004-2006) (Duguay, Busque et Boucher, 2012).

La présente recherche a été menée entre 2018 et 2019, auprès de producteurs agricoles, propriétaires-exploitants de très petites entreprises du secteur de la pomiculture au Québec.

Les contraintes économiques et environnementales avec lesquelles doivent composer les producteurs favorisent peu la mise en place d'actions en santé et sécurité du travail. En effet, les propriétaires-exploitants, comme les autres propriétaires de PE sont souvent les seuls acteurs pour la gestion de l'ensemble des composantes de l'entreprise, ainsi la gestion de la santé et sécurité du travail se fait par compromis de temps et d'intérêt économique parmi les autres tâches de gestion de l'exploitation (Champoux et Brun, 2010).

Soulignons qu'un tiers des établissements agricoles au Québec sont inscrits auprès de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) (Groupe AGÉCO, 2019). En effet, les fermes familiales et celles n'employant pas de salariés n'ont pas l'obligation de cotiser.

Ainsi, les incidents et accidents vécus par les exploitants ou les propriétaires, étant une part importante de la main-d'œuvre dans le secteur agricole, ne sont pas comptabilisés dans la recension des lésions professionnelles. Le portrait des lésions professionnelles dans le secteur agricole semble donc incomplet (sous-déclaration, non-inscription à la CNESST), limitant ainsi leur visibilité.

Les producteurs agricoles souhaitent produire des denrées de qualité, favorisant le meilleur prix de vente, permettant ainsi le retour sur les investissements effectués tous au long de l'année. Les producteurs se doivent de répondre à différents critères imposés par les acheteurs. Par exemple en pomiculture, les producteurs vendant aux chaînes de distributions doivent respecter les critères de Canada Gap (<https://www.canadagap.ca/fr/>). Pour ceux vendant en autocueillette, ce sont principalement les critères des consommateurs eux-mêmes, qui vont influencer les méthodes de productions choisies (Tuduri, Champoux, Jolly, Côté et Bouchard, 2016). Ainsi, les pommes produites doivent répondre à différents aspects esthétiques, dont la taille, la couleur, l'absence d'imperfection, etc. Ces aspects sont principalement modifiés par les conditions environnementales, dont la météo et la faune. Ainsi, dans une optique de rentabilité et de survie de l'entreprise, et pour répondre aux attentes de qualité du marché, l'utilisation de pesticides fait partie des pratiques agricoles des pomiculteurs. Le secteur agricole au Québec a acheté 3 357 tonnes d'ingrédients actifs en 2017, dont 3 348 tonnes pour la production végétale, un volume de vente en diminution depuis 2014 (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MELCC]).

Le Centre antipoison du Québec (CAPQ) pour la période 2013 à 2015 a reçu 200 appels (sur un total de 3 360 appels) concernant des intoxications réelles ou suspectées en lien avec des expositions au travail (140 appels pour des insecticides, 46 pour des herbicides et 14 pour des fongicides) (Fryer *et al.*, 2019). La littérature scientifique documente des effets à la santé susceptibles d'être liés à l'utilisation des pesticides (Dreiherr et Kordysh, 2006; Fritschi *et al.*, 2005; Institut national de la santé et de la recherche médicale [INSERM], 2013, 2019; Moisan et Elbaz, 2011; Parent, Désy et Siemiatycki, 2009). Les effets sur la santé, dus à une exposition aux pesticides lors d'un incident ou répétée à faibles doses, peuvent être aigus ou chroniques. Toutefois, pour certaines matières actives la démonstration des effets est actuellement limitée (Prud'homme, Labrèche, Mathieu et Krishnan, 2020). Par ailleurs, les dispositifs encadrant la surveillance et la prévention des lésions professionnelles semblent encore peu reconnaître l'effet sur la santé de l'utilisation professionnelle de pesticides. Ainsi, le risque engendré par l'exposition aux pesticides reste en partie invisible.

Plusieurs auteurs mentionnent l'importance de la voie cutanée comme voie d'exposition aux pesticides (Bierman, Brouwer et Van Hemmen, 1998; Institut national de la santé et de la recherche médicale, 2013; Laughlin, 1996; Roberge, Deadman, Legris, Ménard et Baril, 2004; Schneider, Cherrie, Vermeulen et Kromhout, 2000; Tsakirakis *et al.*, 2014). Des travaux portent également sur le transfert de l'exposition cutanée vers d'autres voies d'entrée, par exemple contact main (cutanée) vers la bouche (orale) (Bouchard, Côté et Khemiri, 2019; Ng, Stjernberg, Koehoorn, Demers et Davies, 2011). La présence, d'un contaminant aux voies d'entrée de l'organisme, ici la peau, se nomme l'exposition externe ou dose externe en toxicologie (Lavoué et Deadman, 2004). L'exposition cutanée est la résultante d'un contact entre le contaminant, « susceptible d'altérer de quelque manière la santé ou la sécurité des travailleurs » (Québec, 2017), et la personne (Galey, 2019; Garrigou, Alain, 2011; Liroy *et al.*, 2005; Schneider *et al.*, 1999). L'exposition n'aboutit cependant pas toujours à une contamination, la présence de vêtements modifie le processus de transfert du contaminant vers la peau (Schneider *et al.*, 2000). L'exposition externe potentielle correspond ainsi au dépôt d'un contaminant, des pesticides, sur les vêtements portés par les utilisateurs (Garzia, Spinelli, Gotay et Teschke, 2018). Toutefois, les pesticides semblent laisser peu de traces après leur utilisation. Dans leur étude auprès de producteurs de pommes québécois, Champoux *et al.* (2018) ont rapporté que les producteurs ne jettent par leur Tyvek® puisqu'il ne comporte de traces de pesticide visible. Ainsi, selon Mohammed-Brahim (2009) la présence du contaminant est une « contrainte masquée » puisqu'il peut être difficile de la repérer.

Les agriculteurs peuvent être exposés aux pesticides lors de leur manipulation pendant la préparation-remplissage ou lors de la pulvérisation de la bouillie (Champoux *et al.*, 2018; Garrigou, Alain, 2011; Hines, Deddens, Coble, Kamel et Alavanja, 2011; Tuduri *et al.*, 2016). Outre les contacts directs avec la formulation commerciale (projection, aérosolisation, déversement), lors de leur activité de travail les producteurs peuvent entrer en contact avec des résidus de pesticides déposés dans l'environnement en touchant les emballages de pesticides entreposés, le matériel de pulvérisation ou les outils de mesure (Champoux *et al.*, 2018; Marquart *et al.*, 2003; Ramwell, Johnson, Boxall et Rimmer, 2004; Ramwell, Johnson, Boxall et Rimmer, 2005; Schneider *et al.*, 2000). Les contacts avec des résidus sont également possibles lors des travaux au verger (De Cock *et al.*, 1998; Samuel, St-Laurent, Dumas, Langlois et Gingras, 2002; Samuel, St-Laurent, Ferron, Guillot et Weber, 1999).

Peu d'études se sont intéressées à la présence des résidus de pesticides antérieurement utilisés dans l'environnement de travail (Champoux *et al.*, 2018; Ramwell, Johnson, Boxall et Rimmer, 2002; Ramwell *et al.*, 2005; Sznalwar, 1992). Différentes études (Baldi *et al.*, 2006; Machera, Goumenou, Kapetanakis, Kalamarakis et Glass, 2003; Machera et Tsakirakis, 2009; Tsakirakis *et al.*, 2011; Tsakirakis *et al.*, 2014) ont porté sur l'exposition cutanée aux pesticides mesurée à l'aide de la méthode de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE, 1997) mettant en œuvre des patchs ou un vêtement collecteur. Ces mesures d'exposition externe ont rarement été liées à l'activité de travail (Baldi *et al.*, 2006; Garrigou, Alain, Baldi et Dubuc, 2008). Des travaux ont également été menés au Québec autour du délai de réentrée, soit la période de temps nécessaire pour réduire les risques d'exposition trop élevés après une pulvérisation avant de pouvoir retourner sur la parcelle traitée (Samuel *et al.*, 2002; Samuel *et al.*, 1999). Ainsi, ce sont principalement les risques associés aux pesticides en cours d'utilisation ou venant d'être pulvérisés qui sont discutés dans la littérature.

Depuis peu, des études pluridisciplinaires alliant ergonomie, toxicologie et épidémiologie portent sur la mesure quantitative de l'exposition du produit en cours d'utilisation. Ces études questionnent le niveau d'exposition des agriculteurs selon en outre les équipements de protection individuelle portés. Elles ont été menées principalement par Alain Garrigou et ses collaborateurs (Garrigou, Alain *et al.*, 2008; Garrigou, Alain, Baldi et Jackson, 2012; Mohammed-Brahim et Garrigou, 2009). Pour leur part, Champoux *et al.* (2018) se sont intéressés aux situations d'exposition dans l'objectif de caractériser la survenue de l'exposition. Ils ont dénombré trente-trois situations potentielles (issues de l'observation de l'activité de travail, mais sans mesure de l'exposition) de microexposition lors du cycle complet de l'utilisation des pesticides. Par ailleurs, au travers des observations et des entretiens, des pratiques de prévention ont émergé et se sont avérées complémentaires au port des vêtements de protection. Ainsi, les pratiques de prévention élaborées par les pomiculteurs semblent être une piste intéressante à explorer pour la réduction de l'occurrence des contacts avec les pesticides afin de limiter l'exposition. Les pratiques sont élaborées avec le temps et par essai-erreur. Les producteurs soulignent qu'elles sont peu partagées entre eux (Champoux *et al.*, 2018). Étant majoritairement de propriétaires-exploitants de microexploitations, le collectif de travail est quasi inexistant, il y a donc peu de possibilités d'échanges d'expérience (Champoux et Brun, 2010; Champoux *et al.*, 2018). D'après Mohammed-Brahim et Garrigou (2009) et Champoux *et al.* (2018), le partage des pratiques de prévention pourrait contribuer sensiblement à la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides.

La présente recherche, en alliant ergonomie et expologie, vise à développer une méthodologie permettant de documenter les situations d'exposition cutanée aux pesticides présents dans l'environnement de travail et les pratiques de prévention associées afin de poursuivre la caractérisation de l'exposition. Cette recherche a été menée dans le cadre de la thèse de Caroline Jolly (dépôt prévu hiver 2022), ergonomiste; elle représente un des trois volets de la recherche menée entre 2018 et 2019.

La méthodologie développée vise à sensibiliser les producteurs aux microexpositions intégrées dans le déroulement habituel de l'activité de travail (Berenstein *et al.*, 2014; Champoux *et al.*, 2018), et à dévoiler les pratiques de prévention élaborées par les producteurs.

St-Vincent, Denis, Imbeau et Ouellet (2007) mentionnent que les pratiques de prévention peuvent être automatisées lors d'un usage répété, et qu'il est difficile de les faire émerger. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que les données d'observation et les résultats de la mesure de l'exposition

permettront aux producteurs, seuls lors des entretiens individuels puis collectivement lors de l'atelier d'échange, de prendre conscience des multiples situations d'exposition cutanée et faciliteront la description de leurs propres pratiques de prévention.

Enfin cette recherche permettra de compléter la bibliothèque de situations d'exposition cutanée aux pesticides (amorcée dans la recherche précédente, Champoux *et al.*, 2018) et des pratiques de prévention associées proposée comme un exemple de ressource pour améliorer la prévention du risque professionnel pesticide au Québec.

2. OBJECTIFS DE RECHERCHE

Ce rapport de recherche vise à présenter le développement d'une méthodologie permettant de documenter les situations d'exposition cutanée aux pesticides présents dans l'environnement de travail et les pratiques de prévention associées.

Pour répondre à l'objectif principal, quatre sous-objectifs sont visés :

1. Caractériser l'exposition cutanée aux pesticides lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger;
2. Tester si la mesure de l'exposition cutanée par un vêtement collecteur (OCDE, 1997) permet de lier les situations de contact observées lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, à une exposition aux pesticides présents dans l'environnement de travail;
3. Tester si une méthodologie mixte, alliant mesure de l'exposition et analyse de l'activité, combinée à des entretiens collectifs construits sur la base des situations d'exposition identifiées est un moyen efficace pour permettre aux pomiculteurs de décrire et de partager entre eux plus facilement leurs pratiques de prévention;
4. Valider si la méthodologie mixte permet d'enrichir la bibliothèque des situations d'exposition cutanée aux pesticides identifiées lors de la recherche de Champoux *et al.* (2018) pour les tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, et les pratiques de prévention qui leur sont associées.

3. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie conçue pour cette recherche est dite « mixte » puisqu'elle allie des méthodes de collectes et d'analyse de données inspirées de l'ergonomie et de l'expologie dans le but d'identifier les situations d'exposition et les pratiques de prévention élaborées par les travailleurs. La recherche a été menée entre 2018 et 2019 et repose également sur l'analyse secondaire de données collectées dans une précédente étude (Champoux *et al.*, 2018). Elle a été effectuée dans le secteur de la pomiculture au Québec. Le secteur pomicole collabore depuis 2012 à des projets de recherche portant sur l'exposition des pomiculteurs aux pesticides (Champoux *et al.*, 2018; Tuduri *et al.*, 2016). C'est un secteur dynamique et intéressé par cette thématique de santé et de sécurité au travail.

3.1 Le devis de recherche

Cette recherche s'appuie sur un devis de recherche (Fortin et Gagnon, 2016) par étude de cas (Yin, 1994) qui se décline en quatre étapes (Figure 1) :

- Étude exploratoire (3.2);
- Étape 1 : Collecte terrain de données mixtes (3.3);
- Étape 2 : Confrontation des producteurs aux données mixtes (3.4);
- Étape 3 : Bibliothèque (3.5).

L'étude exploratoire de Champoux *et al.* (2018) a été financée par l'IRSST, par la suite les étapes 1 à 3 ont été menées dans le cadre de cette recherche (printemps 2018 à hiver 2019) par une équipe de chercheurs multidisciplinaire, composée d'ergonomes et d'un chimiste auprès de propriétaires-exploitants pomicoles québécois.

Différentes méthodes ont été utilisées :

- des entretiens semi-dirigés (préliminaire, postobservation) : rencontres individuelles menées selon une approche inductive (Étude exploratoire et Étape 1, Figure 1);
- des entretiens d'autoconfrontation : basés sur les entretiens d'explicitation (Vermersch, 2019), les entretiens d'autoconfrontation sont des rencontres individuelles qui s'appuient sur la méthode d'entretien d'autoconfrontation développée par Theureau (2010) et la méthode d'entretien d'alloconfrontation de Mollo et Falzon (2004). Différents supports (observables, traces matérielles et traces de l'activité (Theureau, 2010)) issus de la collecte mixte ont permis de mener ces entretiens d'autoconfrontation (Étape 2, Figure 1);
- un atelier d'échange : rencontre collective dirigée par un animateur et encadrée par des « précautions méthodologiques de recherche », afin que les participants échangent sur un « objet d'attention » (Baribeau et Germain, 2010) construit à partir des données mixtes (Étape 2, Figure 1) (Clot, Faïta, Fernandez et Scheller, 2000);

- des observations filmées des producteurs en activité (Étude exploratoire et Étape 1, Figure 1);
- des mesures d'exposition cutanée externe avec un vêtement collecteur : mesure de l'exposition à l'aide d'un vêtement collecteur endossé par les participants, puis découpé en 11 parties représentant différentes sections corporelles, pour envoi au laboratoire (OCDE, 1997) (Étape 1, Figure 1).

Chacune des périodes de collectes de données a été suivie par une période d'analyse des données visant à avancer dans la description des situations d'exposition. La triangulation des données a permis de croiser lors des étapes 1 et 3 les différentes sources de données recueillies. Les analyses ont également permis de produire des supports utilisés dans les méthodes de confrontation des producteurs aux données mixtes (vidéo et de résultats de mesures) (Figure 1).

La méthodologie a été menée auprès de huit cas divisés en deux groupes : le Groupe 1 (Cas 1 à 4) est composé d'exploitations participantes à une précédente activité de recherche (Champoux *et al.*, 2018) et le groupe 2 (Cas 1bis et 5 à 8) est composé de nouvelles exploitations participantes à la recherche. Les huit cas concernent huit exploitations et neuf propriétaires-exploitants, le Cas 1 et le Cas 1bis représentent la même exploitation, mais deux propriétaires-exploitants différents.

3.2 Étude exploratoire

Lors de la collecte 2015 avec les exploitations du Groupe 1, des observations filmées (sans mesures d'exposition) et des entretiens postobservation répétés ont été menés lors de la tâche de préparation-remplissage lors de l'utilisation de différents pesticides (Champoux *et al.* (2018), (Tableau 1). Dans le cadre de cette recherche, le matériel audiovisuel de l'étude de Champoux *et al.* (2018) concernant la phase de préparation-remplissage (films, photos et verbatim des entretiens semi-dirigés individuels postobservation) a été réutilisé (Tableau 1), avec le consentement des producteurs pour mener les entretiens d'autoconfrontation et l'atelier d'échange. Pour plus d'informations sur les détails de la collecte 2015 voir Champoux *et al.* (2018).

Les tableaux synthèses créés dans le cadre du rapport de Champoux *et al.* (2018) ont servi de base pour la conception de la bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention (sections 3.5 et 4.5).

Tableau 1. Détails de la collecte 2015 - Groupe 1 (inspiré du Tableau 1, Champoux et al. (2018))

	Date de collecte	Tâches observées	Noms des pesticides utilisés	Durée des observations filmées	Durée des entretiens postobservation
Cas 1	4 juin 2015	Préparation-remplissage	Rimon® et Supra® captan	57 min	2h07 min
	26 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Supra® captan		
	2 juillet 2015	Préparation-remplissage	Intrepid®		
	11 juillet 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Insecticide		
Cas 2	4 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Manzate®	1h13 min	2h38 min
	11 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Imidan®		
	17 juin 2015	Préparation-remplissage	Rimon® et Supra® captan		
	26 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Assail® et Supra® captan		
Cas 3	4 juin 2015	Préparation-remplissage	Rimon®	3 min	2h18 min
	25 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Altacor®		
	25 juin 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Supra® captan		

	Date de collecte	Tâches observées	Noms des pesticides utilisés	Durée des observations filmées	Durée des entretiens postobservation
Cas 4	4 juin 2015	Pulvérisation	Polyram®	59 min	2h37min
	17 juin 2015	Préparation-remplissage	Intrepid®		
	2 juillet 2015	Préparation-remplissage	Polyram®		
	28 juillet 2015	Préparation-remplissage et pulvérisation	Calypso® et Supra® captan		

3.3 ÉTAPE 1 : Collecte terrain de données mixtes

La méthodologie présentée dans cette étape visait à répondre aux premier et second sous-objectifs :

- caractériser l'exposition cutanée aux pesticides lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger;
- tester si la mesure de l'exposition cutanée par un vêtement collecteur (OCDE, 1997) permet de lier les situations de contact observées lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, à une exposition aux pesticides présents dans l'environnement de travail.

3.3.1 Recrutement des exploitations

Le recrutement des exploitations a été fait par l'intermédiaire de présentations dans des événements du secteur pomicole, la diffusion de courriels de sollicitation par différents clubs-conseil en agriculture et par les Producteurs de pommes du Québec¹ ainsi que par des appels téléphoniques directement auprès de producteurs.

Les exploitations participantes sont situées dans les grandes régions pomicoles du Québec (Montérégie, Estrie et Laurentides). Les propriétaires-exploitants ou futurs propriétaires-exploitants (en cours de transfert de propriété entre parent et enfant), manipulent et pulvérisent eux-mêmes les pesticides sur leur exploitation et participent aux travaux dans le verger.

Un certificat d'éthique a été accordé par le Comité d'éthique de la recherche de l'IRSST. Tous les producteurs participants ont obtenu des explications verbales et écrites détaillées sur les objectifs et les modalités de l'étude, ainsi que sur les garanties de confidentialité. Tous ont signé un formulaire de consentement dont ils ont conservé une copie.

¹ Dépendant de l'UPA, Les Producteurs de pommes du Québec, sont un syndicat spécialisé qui regroupe les producteurs de pommes.

3.3.2 Collecte de données terrain

Cinq visites ont été menées dans chaque exploitation participante : une visite préparatoire et quatre visites terrain combinant observation de l'activité de travail, mesure de l'exposition et entretien postobservation. Au total vingt-neuf visites ont été effectuées. Les quatre visites terrain sur chacune des exploitations ont été réalisées lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, dont principalement lors de l'éclaircissage manuel (Tableau 2).

Tableau 2. Détails de la collecte terrain données mixtes– groupe 2

	Date de collecte	Tâches observées	Noms des pesticides utilisés	Durée des observations filmées	Durée des entretiens préliminaire et postobservation ²
Cas 1bis	29 mai 2018	Préparation-remplissage N°1	Imidan®, AgriMek®	12 min	1 h 33 min
	1 juin 2018	Dépistage N°1		51 min	
	5 juin 2018	Préparation-remplissage N°2	Aprovia®, Supra Captan®	18 min	
	28 juin 2018	Éclaircissage N°1		20 min	
Cas 5	30 mai 2018	Préparation-remplissage N°1	Imidan®	6 min	45 min
	13 juin 2018	Préparation-remplissage N°2	Maestro®	6 min	
	11 juillet 2018	Éclaircissage N°1		19 min	
	12 juillet 2018	Éclaircissage N°2		25 min	
Cas 6	11 juin 2018	Préparation-remplissage N°1	Sucess®	2 min	24 min
	13 juin 2018	Préparation-remplissage N°2	Maestro®	3 min	
	9 juillet 2018	Éclaircissage N°1		27 min	
	18 juillet 2018	Éclaircissage N°2		46 min	

² Exclut la durée des échanges informels avec le producteur durant les périodes d'observations filmées.

	Date de collecte	Tâches observées	Noms des pesticides utilisés	Durée des observations filmées	Durée des entretiens préliminaire et postobservation ³
Cas 7	19 juin 2018	Taille N°1		63 min	11 min
	3 juillet 2018	Éclaircissage N°1		42 min	
	20 juillet 2018	Préparation-remplissage N°1	Maestro®	17 min	
Cas 8	26 juin 2018	Éclaircissage N°1		44 min	41 min
	29 juin 2018	Préparation-remplissage N°1	Maestro®	24 min	
	6 juillet 2018	Éclaircissage N°2		40 min	
	13 juillet 2018	Préparation-remplissage N°2	Maestro®	12 min	

3.3.2.1 Visite préparatoire

Pour chaque exploitation, une visite préparatoire a permis de présenter et de cosigner le formulaire d'information et de consentement concernant les étapes individuelles de la collecte (observation et mesure de l'exposition lors des quatre visites terrain, entretiens postobservation et entretien d'autoconfrontation).

Lors de cette première visite, un entretien préliminaire (individuel semi-dirigé) visant à recueillir des informations sur le producteur (formation, ancienneté en tant que propriétaire, en tant que producteur, etc.), son exploitation (taille, type de mise en marché, nombre d'employés, etc.) et les tâches réalisées au verger (lesquelles, qui, planification, gestion du délai de réentrée, etc.) a été mené. Cet entretien a permis de cibler, parmi les travaux réalisés au verger, la principale tâche à observer dans le cadre de cette recherche : l'éclaircissage manuel. Cette tâche, qui consiste à répartir la charge fruitière sur les arbres et qui est réalisée par les producteurs eux-mêmes, est décrite comme étant indispensable et nécessitant de nombreuses heures de travail. Deux autres tâches (dépistage et taille) ont été observées auprès de deux producteurs. Les résultats de ces observations ne seront pas détaillés dans ce rapport.

Le registre de pesticides⁴ de la saison 2017 a aussi été recueilli.

La rencontre a également permis de convenir des moyens de communication entre l'équipe de recherche et les producteurs (appels téléphoniques et messages textes) afin de planifier les visites de collectes, et notamment celles associées à la pulvérisation, qui requièrent une disponibilité rapide de l'équipe de recherche.

³ Exclut la durée des échanges informels avec le producteur durant les périodes d'observations filmées.

⁴ <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/Pages/Registre-de-pesticides.aspx>

3.3.2.2 Observations de l'activité de travail

Dans chaque exploitation, lors des quatre visites terrain, les tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger réalisées par le producteur participant (Tableau 2) ont été filmées afin de documenter : l'activité de travail, les situations d'exposition cutanée et les pratiques de prévention. Le nombre d'éléments à observer et la précision d'analyse des contacts ont nécessité l'utilisation de caméras vidéo permettant un codage a posteriori des données.



Figure 2. Illustration de la complémentarité des trois angles de vues filmés lors d'une tâche de préparation-remplissage.

Pour les observations de la tâche de préparation-remplissage, une première caméra fixe a permis de filmer le producteur sur le plan sagittal afin d'avoir un angle de vue ciblé sur sa posture et ses interactions avec le pulvérisateur. Une seconde, mobile, a servi à une captation vidéo plus large permettant de suivre le producteur lors de ses déplacements et ses interactions avec les autres équipements de son environnement. Une troisième caméra avec un angle de 360 degrés a permis de filmer dans son ensemble l'environnement de travail (Figure 2).

Pour les observations de la tâche d'éclaircissage manuel, deux ou trois caméras ont été utilisées. À la différence de la tâche de préparation-remplissage, l'ensemble des caméras étaient mobiles.

Le temps d'observation a varié selon la tâche, de deux à vingt-quatre minutes pour la préparation-remplissage et de dix-neuf à quarante-six minutes pour l'éclaircissage (Tableau 2). Les conditions météorologiques ont également modulé le temps d'observation. En effet, pour l'observation des travaux au verger, le temps a été réduit lors des journées très chaudes pour éviter au producteur un stress thermique lié au port du vêtement collecteur (voir détails section 3.3.2.3).

Lors de la quatrième visite, le registre de pesticides 2018 a été recueilli.

3.3.2.3 Protocole de mesures de l'exposition externe cutanée des participants

Lors de la réalisation de la tâche de préparation/remplissage et des travaux au verger observés, les producteurs ont porté un vêtement collecteur. Le vêtement a servi à mesurer l'exposition externe tel que recommandé par l'OCDE, (1997). Plus spécifiquement, il a permis de mesurer l'exposition aux pesticides manipulés lors des observations, de même que l'exposition à d'autres résidus de pesticides présents dans l'environnement de travail résultant d'utilisations antérieures.

Le vêtement collecteur choisi devait répondre à différents critères alliant compatibilité avec les recommandations réglementaires d'EPI, piégeage et rétention suffisants de pesticides, et compatibilité avec les tâches de travail observées. Pour répondre à l'ensemble de ces critères, le vêtement Tyvek® a été sélectionné (Atabila *et al.*, 2017; Machera, Kapetanakis, Charistou, Goumenaki et Glass, 2002). Pour des raisons de confort thermique, d'aisance de mouvement et de protection de la santé des participants, le Tyvek® a été porté en tant que vêtement protecteur quand les étiquettes de pesticides mentionnaient « porter un pantalon long et une chemise à manches longues » ou « porter une combinaison (ici le Tyvek®) par-dessus un pantalon long et une chemise à manches longues ». Les pesticides pour lesquels l'étiquette recommandait le port d'une combinaison résistante aux produits chimiques ont été exclus de l'étude, c'est-à-dire qu'il n'y avait pas d'observation menée lors de la manipulation de ces produits, afin de garantir la protection de la santé des participants. Lors de la tâche de travaux au verger, les Tyvek® n'étant pas portés habituellement par les producteurs, le temps de collecte a été limité, la capuche a parfois été retirée, des ouvertures sous les aisselles ont été créées et les chercheurs questionnaient fréquemment le producteur quant à son état physique lié au port du vêtement. Lors des journées de canicule, les collectes ont été annulées afin d'éviter des risques de coût de chaleur. Un Tyvek® neuf a été porté pour chacune des dix-neuf observations.

Les producteurs avaient pour consigne de porter, sous le vêtement collecteur, des vêtements propres. Ainsi, avant le début de la réalisation de la tâche observée, les producteurs allaient se changer. Les vêtements portés sous le vêtement collecteur étaient variables (tee-shirt à manches courtes, longues, short ou pantalon). Pour la collecte avec le Cas 5, Éclaircissage N°1, le producteur ne s'est pas changé avant d'endosser le vêtement collecteur. Pour d'autres situations de travail observées, les producteurs ont endossé leurs vêtements propres puis ont effectué d'autres tâches avant d'endosser le vêtement collecteur, comme mettre de l'essence dans le tracteur, régler un problème mécanique. Un producteur a mentionné qu'il s'était changé, mais pas douché et devait avoir les avant-bras sales.

À la fin de la collecte, le vêtement a été découpé en onze parties : tête, buste (s'arrêtant aux crêtes iliaques), dos, bras droit, avant-bras droit, bras gauche, avant-bras gauche, cuisse droite (incluant le bassin), jambe droite, cuisse gauche et jambe gauche. Le choix de découpe visait à identifier les zones corporelles exposées aux pesticides lors de l'activité de travail tout en respectant les recommandations du guide de l'(OCDE, 1997). Les mains et les pieds n'ont pas été inclus dans la mesure de l'exposition. Étant en contact permanent avec l'environnement (sol, équipements, outils, etc.) ou les produits et leur emballage, il serait difficile de lier leurs expositions à des moments ou à des opérations précises.

L'habillage (endossement du vêtement) et le déshabillage (découpage) ont été accomplis de façon minutieuse dans un endroit propre afin d'éviter la contamination du vêtement collecteur, de l'environnement et des personnes (producteurs et chercheurs).

Une bâche de plastique neuve était déposée au sol, dans un endroit abrité du vent, le producteur et les chercheurs ôtaient leurs souliers en entrant dans la zone afin de limiter la contamination. Le producteur endossait des gants en nitrile jetables neufs avant d'endosser le vêtement, aidé par un chercheur portant également des gants propres (Figure 3 A).

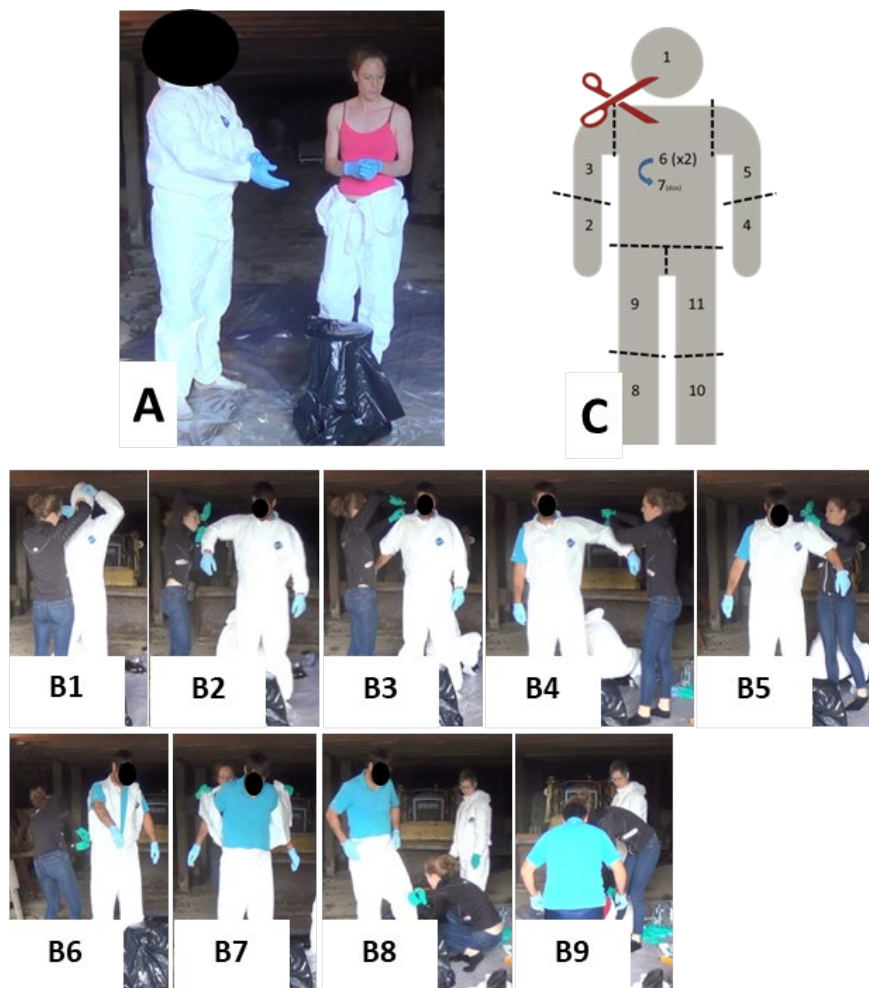


Figure 3. Endossement du vêtement collecteur (A), découpage du vêtement (B), schéma de découpe (C).

Après la fin de l'activité observée, un plastique neuf était installé pour l'étape de déshabillage. Le producteur endossait une paire de gants neufs afin de limiter la contamination du vêtement par ses mains. Deux à trois chercheurs participaient à l'étape de découpage et d'emballage des échantillons. Avant le découpage de chacune des parties, le chercheur 1, en noir sur les images de la Figure 3-B, endossait une paire de gants propres. La découpe du vêtement a été directement faite sur le producteur concernant la capuche (B1), les avant-bras, les bras (B2-5), les jambes (B8). Pour le ventre et le dos, la « veste » (partie supérieure du vêtement sans les manches) était enlevée du producteur (B6-7) puis découpée au sol. La même méthode a été appliquée pour les cuisses (B9), la partie « short » (partie inférieure du vêtement sans les jambes) était retirée du producteur (voir photo où le producteur est assis sur la Figure 3-B) puis découpée au sol. Cette méthode a été pensée pour limiter les contacts entre les différentes parties du vêtement pendant le découpage.

En parallèle, le chercheur 2, portant également des gants, s'occupait de placer chacun des onze échantillons (Figure 3-C) dans une feuille d'aluminium, préalablement nettoyée avec de

l'isopropanol, puis d'insérer le paquet dans un sac plastique étanche de type Ziplock® référencé par une étiquette (code de l'échantillon).

Les échantillons étaient par la suite mis dans une glacière, puis un congélateur, afin de les conserver au frais avant leurs envois par colis réfrigérés au laboratoire d'analyse.

L'ensemble des outils (ciseaux, pinces) utilisé pendant le découpage était nettoyé entre chaque manipulation afin d'éviter d'éventuelle contamination entre les échantillons.

Pour l'ensemble des cinq participants, deux cent neuf échantillons ont été recueillis, soit cent soixante-seize échantillons, pour quatre participants, à l'issue de seize collectes, et trente-trois échantillons pour le 5^e participant, à l'issue de trois collectes.

Pour chacune des dix-neuf observations, des échantillons témoins (appelés « blancs ») ont été collectés pour valider le maintien de leur intégrité lors de la collecte, du stockage avant analyse et du transport.

De façon exploratoire, quelques frottis (n = cinq) ont été faits (pulvérisateurs n = 3; boyau d'eau n = 1; capuche chercheur n = 1) afin de valider la présence de résidus dans l'environnement de travail (Figure 4). Les frottis ont été réalisés sur une surface de 100 cm² mesurée à l'aide d'un gabarit prédécoupé. Un morceau de Tyvek® a permis de froter la surface choisie. L'ensemble des frottis ont été faits après la réalisation de la tâche de préparation-remplissage.

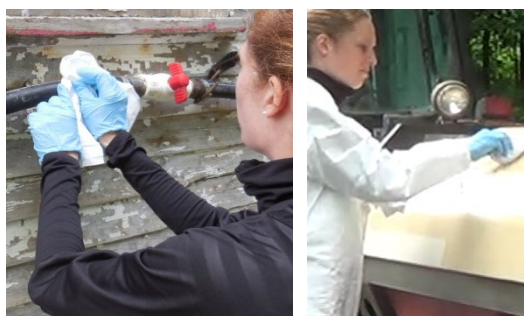


Figure 4. Réalisation de frottis sur le boyau d'eau (à gauche), sur le pulvérisateur (à droite).

L'ensemble du travail d'extraction et d'analyse des pesticides dans les échantillons a été réalisé par la compagnie SGS, Agricultural and Food Laboratories localisée à Vancouver (voir section 3.3.3.3).

3.3.2.4 Entretien postobservation

À la suite de chacune des 19 périodes d'observations, soit directement après la collecte ou quelques jours plus tard par téléphone, un entretien postobservation de trente minutes était réalisé avec le producteur pour discuter de la situation observée (déroulement de la situation observée, tâches réalisées en amont et aménagement des lieux), de sa perception du risque et du port du vêtement collecteur (Tableau 3).

Tableau 3. Thèmes abordés lors des entretiens postobservation

	Thèmes abordés	Exemple de sous-thèmes
Préparation- remplissage	Déroulement de la situation observée	Nom du pesticide utilisé, ordre d'insertion, quantité utilisée
	Tâches réalisées en amont	Tâches effectuées la journée même
	Aménagement des lieux	Modifications des installations effectuées ou prévues
Travaux au verger	Déroulement de la situation observée	Date de la dernière pulvérisation, travail en équipe, critères de répartition des fruits sur l'arbre (charge fruitière)
	Tâches réalisées en amont	Éclaircissage chimique, conduite des arbres
Non spécifique à une tâche	Perception du risque	Perception de la survenue d'exposition cutanée, de la survenue de contacts entre le corps et l'environnement de travail
	Port du vêtement collecteur et ses éventuels effets sur le déroulement des opérations	Sentiment de protection, contrainte gestuelle

L'entretien se terminait par la planification de la prochaine rencontre.

3.3.3 Analyse des données mixtes

3.3.3.1 Analyse des entretiens préliminaires

Les fichiers audio des entretiens préliminaires ont été transcrits sous format Word®. Les entretiens ont été analysés avec le logiciel NVivo®. L'analyse thématique a permis de coder les informations concernant le producteur (âge, formation, ancienneté, etc.) et l'exploitation (superficie, type de régie, nombre de travailleurs, etc.).

3.3.3.2 Analyse des observations filmées

L'analyse vidéo avait pour objectif de documenter les situations d'exposition au cours de l'activité de travail (Tableau 4). Pour cela, après avoir caractérisé le déroulement de l'activité de travail, les contacts entre les parties du corps et des éléments de l'environnement de travail potentiellement porteurs de pesticides, nommés dans ce rapport « sources d'exposition » ont été observés. Selon la tâche observée, la méthode d'analyse choisie a été différente.

En effet, pour les travaux au verger, les observations directes lors des visites terrain ont permis de conclure que l'ensemble du corps entre en contact avec le feuillage. Ainsi pour cette tâche, l'analyse des vidéos a porté sur l'analyse du déroulement de l'activité.

Pour la tâche de préparation-remplissage, le logiciel Observer XT® a été utilisé afin de synchroniser les vidéos fixes et mobiles (Tableau 4). Les vidéos ont tout d'abord été codées selon les huit étapes de la tâche de préparation-remplissage (Démarrage; Remplissage; etc.) et le lieu où se déroulait l'opération (Cabanon; Site de préparation; etc.). L'observation a également ciblé les formes (Liquide; Poudre; etc.), les contenant (Bidon; Sac; etc.) et l'état du contenant (Ouvert-Fermé et Plein; Vide; etc.) des produits manipulés.

Les observations ont aussi porté sur la machinerie, et plus spécifiquement sur l'état de fonctionnement du moteur du tracteur, de l'agitateur et du ventilateur du pulvérisateur. En effet, outre les entrées-sorties du tracteur pour la mise en fonction de ses éléments, une hypothèse a été émise quant à l'impact de l'état de fonctionnement du pulvérisateur sur la survenue de situations d'exposition.

Pour finir, les équipements de protection individuelle portés ont été codés, ainsi que la survenue d'incident.

Tableau 4. Listes des variables et modalités d'observation pour le sous-objectif 1

Sous-objectif 1 : Caractériser le déroulement de l'activité de travail	Variables	Modalités (voir définition à l'0)
	Étape du déroulement de l'activité de travail	Démarrage; Remplissage; Mesure; Transport; Insertion; Rangement; Déshabillage; Autres
	Lieu	Cabanon; Site de préparation; Site de remplissage; Autres
	Forme du produit manipulé	Liquide; Poudre/Granule; Engrais/Autres
	Contenant	Bidon; sac; seau
		Ouvert; fermé
		Plein; vide; entamé
	Machinerie	Moteur à l'arrêt; Moteur en fonction; Moteur+Agitateur du pulvérisateur; Moteur+Agitateur du pulvérisateur+Ventilateur du pulvérisateur
	Équipements de protection individuelle	Gant main droite
		Gant main gauche
		Bottes
		Capuche
	Incident	Débordement; Départ des buses; Chute du producteur; Autre

La seconde série d'observations visait à documenter les contacts entre le corps (couvert par le vêtement collecteur et divisé en onze parties) et les sources d'exposition (trente-huit modalités différentes) (Tableau 5). Les définitions des variables et des modalités du sous-objectif 2 sont présentées à l'ANNEXE A et à l'ANNEXE B.

Tableau 5. Listes des variables et modalités d'observation pour le sous-objectif 2

	Variables	Modalités (voir définition à l'ANNEXE A et ANNEXE B)
Sous-objectif 2 : Documenter les contacts	Partie du corps	Tête; avant-bras droit; bras droit; avant-bras gauche; bras gauche; ventre, dos; jambe droite; cuisse droite; jambe gauche; cuisse gauche.
	Sources d'exposition	Formulation commerciale; formulation aérosolisée; bouillie; contenant; contenant mesureur; cuve; panier; valve du pulvérisateur; tour du ventilateur; boyau d'eau; valve d'eau; intérieur du tracteur; table de travail; main droite; main gauche; gant; masque; chien.

Sur les trente-huit modalités de sources d'exposition anticipées suite aux observations terrain, vingt et une modalités ont été codées lors de l'analyse vidéo. Il est important de souligner que les mains ont été codées comme source d'exposition du corps. Le port de gant ou non lors du contact entre les mains et le corps a été documenté.

Les contacts ont été codés selon les qualificatifs « oui » ou « incertain », lorsque l'angle de vue ne permettait pas d'affirmer hors de tout doute la présence de contact. Sur les 473 contacts codés, 86 sont des contacts « incertains ». Bien que la nuance dans les données soit conservée dans les archives de cette recherche, dans le cadre de ce rapport la distinction ne sera pas faite.

3.3.3.3 Analyse chimique des échantillons de mesure de l'exposition externe et cutanée

À l'aide d'une liste des pesticides les plus fréquemment utilisés par les pomiculteurs québécois (Tuduri *et al.*, 2016), des registres de pesticides recueillis lors d'une étude précédente (Champoux *et al.*, 2018), de la liste de pesticides recommandés sur l'affiche de la Production fruitière intégrée 2017 (Chouinard et Pillion, 2017), et suivant les capacités d'analyse du laboratoire de la compagnie SGS, quarante-cinq pesticides ont été retenus pour l'analyse des échantillons par le laboratoire. (ANNEXE C).

Avant analyse, les échantillons de Tyvek ont été stockés au réfrigérateur à une température de 4-6 °C. Ils ont ensuite été extraits par sonication à température ambiante dans 250 mL d'acétone pendant 45 min. L'extrait ainsi obtenu a été réduit à un volume de 5 mL grâce à un évaporateur de laboratoire à 30°C. Cette procédure d'extraction a été validée pour trois niveaux de concentration (allant de 0,025 µg/g à 0,25 µg/g) pour chacun des quarante-cinq pesticides. Les rendements d'extraction ont varié de 82 % pour la cyperméthrine (0,025 µg/g) à 107 % pour le novaluron (0,05 µg/g).

Ces extraits ont ensuite été analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC-MS/MS) pour une partie des pesticides, et par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (HPLC-MS/MS) pour la partie restante, selon des méthodes analytiques déjà validées par le laboratoire SGS. La méthode de l'étalonnage interne (triphénylphosphate pour la GC-MS/MS et

Carbofuran-d3 pour l'HPLC-MS/MS) a été choisie pour la quantification. La limite de quantification demandée à SGS pour l'ensemble de la procédure analytique a été fixée à 0,5 µg par échantillon, elle a été atteinte pour l'ensemble des quarante-cinq pesticides.





Lors du développement de la méthode d'extraction, il a été constaté que le captane, matière active de fongicides très importants dans la lutte contre la tavelure (Supra® captan et Maestro®), se dégradait avant, ou lors de l'analyse chromatographique. Ce phénomène est connu (EU Reference Laboratory for Pesticides Requiring Single Residue Methods [EURL-SRM], 2017) le captane se dégrade principalement en tétrahydroptalimide (THPI) montraient également des modifications. Le THPI a donc également été analysé dans nos échantillons. Dans ce rapport, les résultats quantitatifs présentés pour le captane (en µg) correspondent donc à la somme (captane +THPI) obtenue à partir de l'addition des réponses chromatographiques (en intensité d'ion spécifique M/z = 151) de chacun des deux composés.

Une dégradation du phosmet a également été constatée lors de la réanalyse après stockage de certains extraits d'échantillons dilués. Contrairement au captane, les voies de dégradation de ce composé sont insuffisamment caractérisées pour qu'une exploitation rigoureuse des données d'exposition soit menée. Les résultats finaux pour cette matière active ne sont donc pas présentés.

3.3.3.4 Analyse des registres de pesticides

Pour l'ensemble des registres 2017 et 2018, les éléments suivants ont été recueillis ou calculés :

- le nombre et le nom des pesticides utilisés;
- les masses de pesticides utilisés par préparation-remplissage pour chacun des pesticides manipulés lors des visites terrain;
- les dates d'utilisation des pesticides détectés (Figure 5).

Ravageur-Engrais Regulateur	Produit	Indices de risque				Délais	Respect de l'étiquette	Dose kg/ha ou L/ha	Quantité utilisée kg ou L	Coût \$/ha
		IRS	IRE	IFA	PFI					
- Tavelure	CAPTAN SUPRA 80WDG Matière Active: captane Allergènes: sulfite LPA: 24613 LOT:	 286	 42	 peu toxique		DAR Canada:7j DAR USA:0j Délais de réentrée:48h	✓	1,800kg/ha	10,11kg	36,00\$/ha
- Engrais foliaire	POMA 6% Ca LPA: LOT:	N/D	N/D	N/D		DAR Canada:S/O DAR USA:S/O	✓			
Commentaire: Fin	Nom des pesticides/engrais utilisés	Applicateur/Opérateur				Nombre de réservoir par sorte de pulvérisateur		Souillie L/ha	Coût total	
						1,3 x 1500L Tifone		300L/ha	44,00\$/ha	

Dose et quantité utilisées pour cette pulvérisation

Nombre de préparation-remplissage pour cette pulvérisation

Figure 5. Exemple d'informations présentes sur les registres de pesticides recueillis.

L'analyse des registres a aussi permis d'estimer le nombre de préparation-remplissage réalisé par saison par producteur. La comptabilisation du nombre de préparation-remplissage a été faite selon les critères suivants :

- si le nombre de réservoir indiqué est de « ≤ 1 », une préparation-remplissage a été comptabilisée;
- si le nombre de réservoir indiqué est de « $1 < \text{nombre} \leq 2$ », deux préparations-remplissages ont été comptabilisées (voir exemple de 1,3 réservoir dans la Figure 5);
- etc.

En effet, même si la cuve n'est pas pleine à la fin de la préparation-remplissage, le producteur a tout de même réalisé cette tâche.

3.3.3.5 Analyse des entretiens postobservation

Les fichiers audio des entretiens postobservation ont été transcrits sous format Word®. Les entretiens ont été analysés avec le logiciel NVivo®. L'analyse thématique a permis de coder les informations concernant le caractère habituel du déroulement de l'activité de travail, les possibles impacts du port du vêtement collecteur sur le déroulement de l'activité (p. ex. : se sentir plus protégé, être entravé dans ses mouvements) et la perception des contacts vécus par le producteur avec son environnement de travail.

3.3.4 Triangulation des données mixtes

Déroulement de l'activité

L'approche en ergonomie vise à comprendre l'activité de travail et ses déterminants, humains, techniques et organisationnels (Garrigou, Alain, 2011; St-Vincent *et al.*, 2011). Dans le cadre de cette recherche, le croisement entre les résultats de l'analyse des vidéos (caractériser le déroulement de l'activité de travail) et des entretiens préliminaires et postobservation (déroulement de l'activité de travail; tâches réalisées en amont, aménagement des lieux, possibles impacts du port du vêtement collecteur sur le déroulement de l'activité) a permis de décrire le déroulement de l'activité pour chacune des dix-neuf situations de travail observées. Cette description a servi à définir les méthodes de travail et leurs déterminants.

Les résultats de cette triangulation sont présentés à la section 4.1.2.

Situation d'exposition

Une situation d'exposition est une situation de travail lors de laquelle l'activité de travail semble être exposante (Galey *et al.*, 2019). Comme une situation de travail, elle est contrainte par un ensemble de déterminants, humains, techniques et organisationnels. Dans ce rapport, les situations d'exposition concernent la survenue probable d'une exposition cutanée aux pesticides.

Pour cibler et décrire les situations d'exposition et leurs déterminants, un premier croisement a été réalisé entre les résultats de l'analyse des vidéos (observation des contacts entre les parties du corps et les sources d'exposition), des mesures qualitatives d'exposition (données par partie du corps), des entretiens postobservation (déroulement de l'activité de travail, possibles impacts du port du vêtement collecteur sur le déroulement de l'activité et perception des contacts vécus par le producteur avec son environnement de travail) et des registres (pesticides utilisés, nombre de préparation-remplissage par pesticides, date de la dernière utilisation, etc.).

Le croisement des données a été réalisé par situation de travail et a été effectué séparément pour chacune des tâches, préparation-remplissage et éclaircissage manuel.

Un second croisement a été réalisé en utilisant les résultats quantitatifs d'exposition. La section 4.3 du rapport décrit les résultats.

Pratique de prévention

Une pratique de prévention est une action qui permettrait, sans en être nécessairement directement l'objectif initial, une réduction de contact entre le producteur et les sources d'exposition, résultant en une diminution potentielle de l'exposition cutanée aux pesticides. Lors de la triangulation des données visant à cibler les situations d'exposition, une attention a également été portée sur la présence de pratiques de prévention. La section 4.4 décrit les résultats obtenus.

Cette série de triangulation a permis d'identifier au travers du déroulement de l'activité des situations d'exposition et des pratiques de prévention. Suite à cette première identification, différents supports ont été produits pour la réalisation des entretiens d'autoconfrontation et de l'atelier d'échange. Des séquences vidéo pour chacune des dix-neuf situations de travail, illustrant des situations d'exposition, ont été préparées. Des schémas illustrant la présence-absence des résultats qualitatifs de mesure d'exposition sur les onze zones corporelles ont également été faits.

3.4 ÉTAPE 2 : Confrontation des producteurs aux données mixtes

La méthodologie présentée dans cette partie visait à répondre au troisième sous-objectif :

- tester si la méthodologie mixte, alliant mesure de l'exposition et analyse de l'activité, combinée à des entretiens collectifs construits sur la base des situations d'exposition identifiées est un moyen efficace pour permettre aux pomiculteurs de décrire et de partager entre eux plus facilement leurs pratiques de prévention.

3.4.1 Entretiens d'autoconfrontation

Les entretiens d'autoconfrontation ont été menés en novembre et décembre 2018, après la période intensive de récolte. Les neuf producteurs ont accepté de participer. Pour les producteurs du Groupe 1, le formulaire d'information et de consentement a été présenté et cosigné.

Les objectifs des entretiens d'autoconfrontation étaient doubles. Premièrement pour les chercheurs, ils visaient à caractériser les situations d'exposition et les pratiques de prévention associées. Deuxièmement, ils permettaient aux chercheurs de présenter aux producteurs, au travers d'extraits vidéo, les situations d'exposition vécues. Pour cela, deux sous-objectifs ont été poursuivis :

- faire verbaliser les producteurs sur le déroulement de l'activité de travail à partir des situations filmées choisies par l'équipe de recherche;
- amener les producteurs à réfléchir sur leurs actions afin de décrire les situations d'exposition et les pratiques de prévention.

Les rencontres ont duré en moyenne 1 heure 15 minutes pour le Groupe 1 et 2 h pour le Groupe 2. Elles ont été filmées et enregistrées avec l'accord des producteurs participants.

Groupe 1 et 2

Les rencontres ont débuté par un rappel de l'objectif général de recherche suivi de la présentation de séquences vidéo de la tâche de préparation-remplissage. Pendant et après le visionnement des séquences, le producteur était invité à commenter librement les images. Selon les éléments discutés par le producteur, des précisions étaient demandées par les chercheurs sur le déroulement de l'activité de travail (Tableau 6).

Tableau 6. Déroulement des entretiens d'autoconfrontation

Étape des entretiens d'autoconfrontation		Supports	
		GRUPE 2	GRUPE 1
Introduction		Rappel de l'objectif général de recherche	
Préparation-remplissage	Présentation vidéo	Observables : séquences vidéo	Observables : séquences vidéo
	Présentation des résultats qualitatifs de mesure d'exposition	Traces de l'activité : résultats qualitatifs de mesure de l'exposition individuelle Traces matérielles : registre de pesticides	Traces de l'activité : résultats qualitatifs de mesure de l'exposition du <u>Groupe 2</u>
Éclaircissage manuel	Présentation vidéo	Observables : séquences vidéo	Non applicable
	Présentation des résultats qualitatifs de mesure d'exposition	Traces de l'activité : résultats qualitatifs de mesure de l'exposition individuelle	Traces de l'activité : résultats qualitatifs de mesure de l'exposition du <u>Groupe 2</u>

Groupe 2

Par la suite, les résultats qualitatifs de mesures d'exposition individuelle (Tableau 6) concernant, en premier lieu, les pesticides utilisés lors des préparations-remplissages observées ont été présentés. Les producteurs du groupe 2 ont été invités à commenter les résultats au regard de la séquence vidéo présentée et de leur registre de pesticides 2017-2018, pour expliquer la présence de pesticides antérieurement utilisés dans l'environnement de travail et sur le vêtement porté.

Dans un second temps, les résultats qualitatifs de mesure d'exposition liés aux résidus présents dans leur environnement de travail ont été présentés.

Les rencontres se sont poursuivies avec des séquences vidéo de la tâche d'éclaircissage manuel et la présentation des résultats de la mesure d'exposition. La méthode du sosie (Clot, 2001) a été utilisée pour faire verbaliser les producteurs autour des méthodes de travail mises en place avant et pendant la réalisation de l'éclaircissage manuel : les chercheurs ont mentionné aux producteurs leur intention fictive d'acheter un verger et leur ont demandé des conseils pour la réalisation future de l'éclaircissage manuel (Tableau 6). L'objectif étant de comprendre les déterminants influençant la tâche d'éclaircissage manuel.

Groupe 1

Pour les producteurs du Groupe 1, avec lesquels les mesures d'exposition n'avaient pas été réalisées, les données globales du Groupe 2 leur ont été présentées (Tableau 6). Ils ont été invités à commenter les résultats et à les expliquer en regard de leur propre activité de travail.

Le déroulement des rencontres a donc varié selon le groupe de producteurs, les tâches discutées, et les objectifs visés.

3.4.2 Analyse des résultats issus des entretiens d'autoconfrontation

La période de temps étant réduite entre la tenue des entretiens d'autoconfrontation et l'atelier d'échange (organisé avant le début de la saison de production 2019), une analyse globale des vidéos a permis de sélectionner les situations de travail à présenter au groupe lors de l'atelier pour favoriser les échanges.

3.4.3 Atelier d'échange

Les neuf producteurs ont été invités à participer à un atelier d'échange (dont sept étaient présents), d'une durée de quatre heures, tenu le 21 février 2019, à Montréal, dans les locaux de l'IRSST.

Avant le début de la rencontre, le formulaire d'information et de consentement a été présenté et cosigné entre le chercheur responsable et les sept producteurs présents, outre les aspects éthiques concernant la confidentialité des échanges et l'enregistrement audiovisuel, un point du formulaire concernait l'engagement de respecter les autres participants tant au niveau du discours que des réactions.

En accord avec le comité éthique, les participants ont reçu un montant de 90 \$ couvrant une partie de leurs frais de déplacement et de stationnement. Le repas de la pause midi leur a également été offert.

Lors de l'introduction à la journée, la chercheuse principale a souligné la diversité des situations et des pratiques observées et a présenté l'objectif de l'atelier : permettre les échanges entre les producteurs autour des expériences individuelles de travail, en discutant à partir d'extraits vidéo de situations observées.

La journée s'est déroulée en deux parties, en commençant par la tâche de préparation-remplissage, elle-même divisée en deux exemples (captan (Maestro®, SupraCaptan®) et phosmet (Imidan®)), puis en poursuivant par la tâche d'éclaircissage manuel.

Pour chacune des parties, des montages vidéo regroupant plusieurs extraits ont été présentés (Tableau 7).

Tableau 7. Détails des montages vidéo utilisés pour l'atelier d'échange

Tâches		Durée du montage présenté	Nombre d'extraits contenu dans le montage
Préparation-remplissage	Exemple du capitan (Maestro®, SupraCaptan®)	8 minutes 21 secondes	2 extraits
	Exemple du phosmet (Imidan®)	6 minutes	3 extraits
Éclaircissage manuel		2 minutes 21 secondes	2 extraits

Lors du visionnement des vidéos, les producteurs ont été invités à commenter les images, ce qui a induit des échanges collectifs. Les résultats préliminaires globaux de mesure d'exposition leur ont ensuite été présentés, afin de poursuivre les discussions autour des situations d'exposition cutanée.

Lors des échanges, un chercheur prenait en note des mots-clés sur des feuilles adhésives afin de faciliter l'analyse des résultats issus de l'atelier d'échange.

3.4.4 Analyse des résultats issus de l'atelier d'échange

L'analyse des mots clés relevés, lors du déroulement de l'atelier, a permis de réaliser une carte conceptuelle avec le logiciel Miro®. Les fichiers vidéo du groupe de discussion ont été visionnés afin de compléter et valider le contenu de la carte conceptuelle.

3.5 ÉTAPE 3 : Bibliothèques des situations d'exposition

La méthodologie présentée dans cette partie visait à répondre au troisième sous-objectif :

- valider si la méthodologie mixte permet d'enrichir la bibliothèque des situations d'exposition cutanée aux pesticides identifiées lors de l'activité de recherche de Champoux *et al.* (2018), pour les tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, et les pratiques de prévention qui leur sont associées.

Dans la recherche de Champoux *et al.* (2018) une partie de l'objectif visé était d'étudier les situations habituelles d'exposition cutanée aux pesticides dans la production des pommes. Pour cela des entretiens semi-dirigés et des observations filmées ont été réalisées. Dans la présente recherche, l'objectif est de présenter le développement d'une méthodologie permettant de documenter les situations d'exposition cutanée aux pesticides présents dans l'environnement de travail et les pratiques de prévention associées.

La méthodologie mixte développée dans ce projet combine l'utilisation de méthodes supplémentaires non mobilisées par Champoux *et al.* (2018) tel que la mesure d'exposition, les entretiens d'autoconfrontation et l'atelier d'échange (Tableau 8).

Tableau 8. Méthodes mobilisées dans le projet de Champoux *et al.* (2018) et la présente recherche

	Entretiens semi-dirigés	Observations filmées	Mesure d'exposition	Entretiens d'autoconfrontation	Atelier d'échange
Projet de Champoux <i>et al.</i> (2018)	✓	✓			
La présente recherche	✓	✓	✓	✓	✓

La présente recherche permet d'objectiver l'exposition (mesure) et de creuser la compréhension des situations d'exposition et des pratiques de prévention avec les producteurs (entretiens d'autoconfrontation et atelier d'échange). Lors de l'analyse des données, une seconde triangulation a été réalisée à partir de l'ensemble des données collectées. Suite à l'atelier d'échange, l'analyse thématique des verbatim des entretiens d'autoconfrontation (fichiers audio transcrits sous format Word®) a permis de poursuivre le portrait des situations d'exposition et des pratiques de prévention.

La bibliothèque est l'aboutissement de ces analyses menées selon :

- une construction itérative : les résultats d'analyse alimentent la prochaine étape qui à son tour permet un regard plus approfondi sur les données antérieures;
- une approche de validation continue : discuter de mêmes résultats dans différentes occasions; vérifier certaines hypothèses ou conclusions avec les producteurs.

La bibliothèque proposée présente une première section décrivant la situation d'exposition (à gauche) et une seconde section présentant les pratiques de prévention associées lorsque présentes (à droite) (Tableau 9).

Tableau 9. Entête et descriptif des tableaux de la bibliothèque proposée

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
Numéro	Description synthétique de l'action	Éléments de l'environnement de travail potentiellement porteurs de pesticides (Tableau 5)	Formulation commerciale, résidus, résidus aérosolisés, résidus projetés, bouillie, bouillie aérosolisée, résidus de bouillie, résidus de bouillie aérosolisés	<p>Actions qui permettraient, sans en être nécessairement directement l'objectif initial, une réduction de contact entre le producteur et les sources d'exposition, résultant en une diminution potentielle de l'exposition cutanée aux pesticides.</p> <p>NR = Non recensée, aucune pratique de prévention n'a été observée par les chercheurs ou abordée par les producteurs</p>

Les tableaux sont présentés à la section 4.5. Une bibliothèque regroupant six tableaux présente les situations d'exposition et les pratiques de prévention pour la tâche de préparation-remplissage et une seconde bibliothèque présente un tableau pour la tâche d'éclaircissage manuel.

4. RÉSULTATS

4.1 Les pomiculteurs, leur exploitation et l'utilisation des pesticides

Les résultats présentés dans cette section concernent les résultats du groupe 2 et proviennent principalement des entretiens préliminaires, des observations, des entretiens postobservation et de l'analyse des registres de pesticides (Étape 1 du devis de recherche, section 3.3). Cette section présente les caractéristiques des exploitations, une description générale des tâches assumées par les pomiculteurs et un portrait de l'utilisation annuelle des pesticides par exploitation.

4.1.1 Caractéristiques des pomiculteurs et de leur exploitation

Les cinq exploitations québécoises participantes sont localisées au sud (Montérégie, Estrie) et au nord de Montréal (Laurentides). Elles sont majoritairement membres d'un club-conseil en agriculture et adhèrent à la régie de la Production fruitière intégrée (PFI⁵).

Les propriétaires-exploitants du groupe 2 étaient âgés de 26 à 64 ans en 2018 (m = 41 ans, comparativement à une moyenne de 59 ans pour le groupe 1 en 2018), avaient entre 12 et 48 années d'expérience en pomiculture (26,4 années en moyenne) et entre 4 et 40 années d'expérience de gestion d'un verger (m = 14,8 ans). Les vergers ont été achetés à un parent, à l'ancien propriétaire, ou sont en cours de transfert de propriété entre parent et enfant.

La superficie des vergers en production variait de 4 à 22 hectares (m = 11,4 hectares, comparativement à une moyenne de 12 hectares en 2015 pour le groupe 1). La superficie à éclaircir manuellement est peu précise, certaines variétés semblent moins éclaircies (McIntosh, Cortland) que d'autres (pommes d'été) (Tableau 10).

⁵ « La production fruitière intégrée (PFI) est une approche qui favorise l'adoption de bonnes pratiques agricoles visant à produire des fruits de qualité dans le respect de l'environnement, de la santé et de la sécurité des citoyens, et aussi de la durabilité des entreprises. La PFI est basée sur les mêmes principes que la lutte intégrée, mais elle est fondée sur une vision plus large, qui englobe tous les aspects de la production, et non pas uniquement la lutte antiparasitaire. La PFI n'est donc ni plus ni moins que la façon de produire des pommes dans le monde et le marché d'aujourd'hui. »

<https://reseauommier.irda.qc.ca/?p=5718>

Tableau 10. Caractéristiques des cinq exploitations participantes

Exploitations Caractéristiques	Cas 1bis	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8
Suivi agronomique	Membre d'un club d'encadrement technique	Membre d'un club d'encadrement technique	Consulte avis agronome MAPAQ	Membre d'un club d'encadrement technique	Membre d'un club d'encadrement technique
Type de régie⁶	PFI	PFI tend vers biologique	Conventionnelle	PFI	Conventionnelle
Superficie en production (hectare)	16-20 hectares	0-5 hectares	0-5 hectares	21-25 hectares	6-10 hectares
Tranche d'âge du propriétaire exploitant participant	30-34 ans	45-49 ans	60-64 ans	40-45 ans	25-29 ans
Années estimées d'expériences en pomiculture	15-30 ans	15-30 ans	41-50 ans	15-30 ans	0-14 ans
Années estimées d'expérience en gestion du verger	0-10 ans	11-20 ans	31-40 ans	0-10 ans	0-10 ans

4.1.2 La diversité des tâches des pomiculteurs

Les pomiculteurs effectuent une diversité de tâches afin d'assurer la gestion de l'exploitation et la production fruitière. En parallèle aux travaux dans le verger (taille, dépistage, éclaircissage des arbres), ils s'occupent de la lutte antiparasitaire (achat, entreposage et utilisation des pesticides). L'ensemble de ces travaux sont nécessaires à l'atteinte d'un rendement satisfaisant et des attentes des consommateurs.

Lors de l'utilisation des pesticides, la tâche de préparation-remplissage qui consiste à mesurer, insérer puis à diluer les produits dans le pulvérisateur afin de préparer la bouillie à pulvériser, peut être découpée en 4 étapes (Figure 6) : 1) remplissage en eau du pulvérisateur (total ou partiel); 2) mesure des produits (mesure ou pesée); 3) insertion des produits dans le pulvérisateur (insertion et dispersion); 4) rangement des produits dans l'entrepôt (triple rinçage, entreposage) (Figure 6). La durée des préparations-remplissages est variable (de 2 à 24 minutes) et dépend surtout du temps de remplissage en eau (débit d'eau, préremplissage partiel ou total, volume de la cuve du pulvérisateur, volume d'eau nécessaire). Par la suite, les pomiculteurs assurent la pulvérisation des pesticides dans le verger. Dans les 5 exploitations, les tâches de préparation-

⁶ La régie est un continuum d'approche de gestion du verger variant entre la régie conventionnelle (usage de pesticide) et la régie biologique (usage de pratiques alternatives à l'utilisation des pesticides de synthèses). La production fruitière intégrée (PFI) se situe entre ces deux approches.

remplissage et de pulvérisation sont réalisées principalement par le pomiculteur propriétaire entre la fin avril à la fin août (Tableau 12).

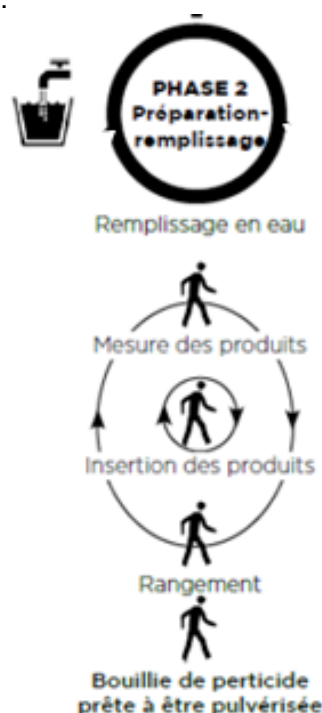


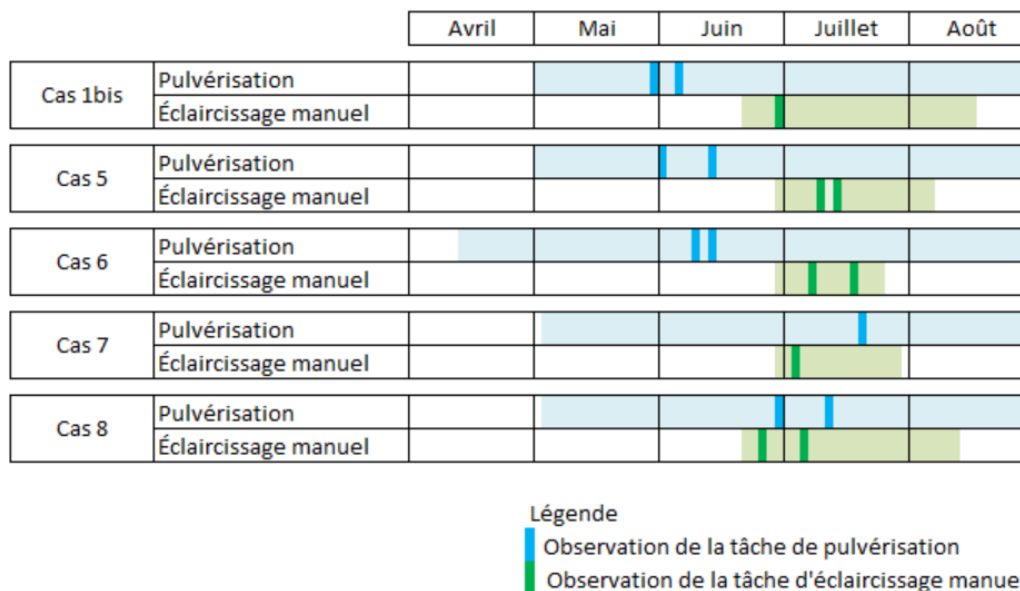
Figure 6. Les 4 étapes de la tâche de préparation remplissage.

(Figure 1, Phase 2, Champoux et al. (2018))

Parmi les travaux au verger, la tâche d'éclaircissage manuel, nécessaire pour optimiser la production des arbres est faite en équipe comprenant jusqu'à 6 personnes ($m = 4$ personnes) et est réalisée entre fin juin et mi-août. Les producteurs semblent avoir différentes stratégies d'éclaircissage selon les cultivars en production (chimique uniquement pour certaines parcelles, chimique et manuelle pour d'autres) ainsi le pourcentage de la superficie totale éclaircie manuellement varie d'une exploitation à l'autre. Les producteurs coordonnent les tâches de pulvérisations de pesticides et d'éclaircissage manuel afin de respecter les délais de réentrée, soit le temps minimal, indiqué sur l'étiquette du pesticide, à respecter avant de retourner dans une parcelle traitée.

Le Tableau 11 présente pour les cinq exploitations participantes les périodes pendant lesquelles les pulvérisations et l'éclaircissage manuel ont été effectués en 2018. Les fines barres de couleurs bleues et vertes représentent les dates des observations menées dans cette recherche (Étape 2 du devis de recherche).

Tableau 11. Répartition des tâches de pulvérisation et d'éclaircissage manuel en 2018



Parmi les travaux au verger, les pomiculteurs réalisent également la taille des arbres ou le dépistage des ravageurs. Bien que les résultats de mesure d'exposition soient présentés à la section 4.2.2, les situations d'exposition de ces tâches ne seront pas illustrées dans ce rapport.

Ainsi, entre avril et août, les producteurs réalisent différentes tâches pouvant influencer leur exposition aux pesticides.

4.1.3 Portrait de l'utilisation des pesticides

Au cours d'une année, la vie des pommiers se divise en différents stades de développement. Au printemps, les stades du débourrement (éclatement du bourgeon et apparition d'une pointe verte) jusqu'à la nouaison (fruits formés) impliquent une période intensive de pulvérisation, surtout de fongicides pour lutter contre la tavelure (p. ex. : Maestro®, Supra® captan), principale problématique en pomiculture au Québec. D'après les producteurs, à partir de la Fête nationale du Québec (24 juin) les dégâts des infections fongiques semblent moins inquiétants pour la qualité de la récolte. Les pulvérisations de fongicides sont moins fréquentes et ont approximativement lieu toutes les deux semaines ou après une certaine quantité de pluie. Les insecticides sont, dans leur cas, pulvérisés en fonction de la présence de ravageurs.

D'après les registres de pesticides 2018, les pomiculteurs ont effectué en moyenne 83 préparations-remplissages (de 16 à 129) entre fin avril et fin août (Tableau 12).

Tableau 12. Nombre de préparations-remplissages de pulvérisateur effectués par année (n = 5 exploitations)

	Type de régie	Année	Nombre total de préparations-remplissages estimé ⁷	Nombre moyen de préparations-remplissages estimé ⁷ 2017-2018
Cas1bis	PFI	2017	127	107
		2018	88	
Cas5	PFI tend vers biologique	2017	70	64
		2018 ⁸	58	
Cas6	Conventionnelle	2017	24	20
		2018 ⁸	16	
Cas7	PFI	2018	129	-
Cas8	Conventionnelle	2018	124	-

Le nombre de préparations-remplissages effectué dépend de différents facteurs comme par exemple la quantité de bouillie à épandre selon la superficie à couvrir et le volume de la cuve du pulvérisateur.

Les producteurs adhérant à la Production fruitière intégrée (PFI), favorisent la pulvérisation ciblée uniquement sur les parcelles infestées. Ainsi, la superficie traitée par pulvérisation est généralement inférieure à la totalité de la surface exploitée. Ils vont ainsi manipuler de plus petites quantités de pesticides que s'ils pulvérisaient leur verger entier.

Il est également important de souligner la variation du nombre de préparations-remplissages par année pour un même producteur. En effet l'utilisation de pesticides est conditionnée par différents paramètres (conditions météo, présence de ravageurs, type de régie, etc.).

Les producteurs participants utilisent en moyenne dix-sept pesticides différents par année (entre douze et vingt-deux), sans compter les engrais, adjuvants, produits anti-mousse, etc.

⁷ Le nombre a été comptabilisé selon les informations indiquées dans les registres recueillis. Pour certains traitements, l'information concernant le nombre de préparations-remplissages n'était pas complétée.

⁸ Pour ces Cas les registres 2018 ne contiennent pas l'information pour la saison entière. Les informations présentes s'arrêtent à la date de la dernière visite terrain.

Le captane (Supra® captan et Maestro®) est la matière active la plus utilisée par les producteurs participants, en termes de quantité et de fréquence. Pour trois des cinq producteurs (Cas 1bis, 7 et 8), les préparations de captane représentent environ 50 % des préparations effectuées (Tableau 13).

Tableau 13. Utilisation du captane (Supra® captan ou Maestro®) : nombre de préparation-remplissage et quantité utilisée

	Année	Nombre total de préparation-remplissage	Nombre total de préparation-remplissage de captane (Supra® captan, Maestro®)		Quantité totale de formulation de captane utilisée (en kg)	Classement d'utilisation du captane par rapport aux pesticides manipulés
				% du nombre total		
Cas1bis	2017	127	70	55	434	1 ^{er}
	2018	88	44	50	235	1 ^{er}
Cas5	2017	70	0	0	-	-
	2018	58	14	24	62	2 ^d
Cas6	2017	24	10	42	179	1 ^{er}
	2018	16	2	13	26	2 ^d
Cas7	2018	129	69	53	450	1 ^{er}
Cas8	2018	124	64	52	260	1 ^{er}

Ainsi, afin de documenter l'exposition des producteurs autant lors de l'utilisation des pesticides que lors des travaux au verger, des mesures de l'exposition à l'aide d'un vêtement collecteur ont été menées. Au vu de la diversité des pesticides utilisés, les échantillons, tels que mentionnés dans la section 3.3.3.3, ont été analysés à partir d'une liste de quarante-cinq pesticides.

4.2 Exposition cutanée aux pesticides

Les résultats présentés dans cette section concernent le groupe 2 et proviennent des mesures d'exposition, réalisées à l'aide du vêtement collecteur découpé en onze parties, et de l'analyse des registres de pesticides (Étape 1 du devis de recherche, section 3.3) pour les tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger (éclaircissage manuel, taille et dépiçage). Cette partie vise à répondre au premier sous-objectif : caractériser l'exposition cutanée aux pesticides lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger.

4.2.1 La mesure d'exposition cutanée lors de la tâche de préparation-remplissage

4.2.1.1 Mesures d'exposition cutanée sur le corps entier

La mesure d'exposition cutanée lors de la tâche de préparation-remplissage a été réalisée à deux reprises pour chaque pomiculteur participant sauf pour le Cas 7 (neuf observations au total, quatre-vingt-dix-neuf échantillons, neuf blancs et cinq frottis).

L'analyse des registres de pesticides a permis de comptabiliser trente-trois matières actives différentes utilisées pendant la saison 2018. Quinze de ces matières actives figuraient dans la liste à analyser par le laboratoire dont douze ont été détectées lors de la mesure d'exposition pour l'ensemble des pomiculteurs (Tableau 14). Toutefois, seulement cinq matières actives ont été manipulées par ces derniers lors de la collecte de données (cases en bleu du Tableau 14) et sept sont des résidus de pesticides antérieurement utilisés. Il convient de noter que deux pesticides détectés n'avaient pas été utilisés par les producteurs depuis plusieurs années (voir note de bas de page 11).

Pour chacune des observations, la matière active captane a été détectée même dans les situations où les producteurs ne manipulaient pas de captane (Cas 1bis Prépa N°1; Cas 5, Prépa N°1; Cas 6, Prépa N°1). La valeur obtenue de captane pour le Cas 1bis Prépa N°1 n'est pas présentée. En effet, le blanc collecté lors de cette situation comportait lui aussi du captane, ne permettant ainsi pas de valider les valeurs obtenues sur le vêtement collecteur.

Lorsque le captane est manipulé, on constate une variabilité dans la mesure de l'exposition cutanée entre les pomiculteurs, les valeurs mesurées varient de 2 661 à 25 616 µg. Pour le producteur du Cas 8, observé lors de deux préparations de captane (Prépa N°1 et N°2), ses valeurs mesurées varient également entre les deux préparations (8 910 et 12 902 µg).

Une grande variabilité est également observée entre les valeurs de captane mesurées et les autres matières actives utilisées ou mesurées en tant que résidus. Ainsi, les résultats présentés dans le reste de cette section portent principalement sur le captane.

Tableau 14. Matières actives, manipulées (en bleu) ou non manipulées durant la tâche de préparation-remplissage, mesurées sur le corps entier (µg)

Matières actives détectées	Cas 1bis		Cas 5		Cas 6		Cas 7	Cas 8	
	Prépa N°1	Prépa N°2	Prépa N°1	Prépa N°2	Prépa N°1	Prépa N°2	Prépa N°1	Prépa N°1	Prépa N°2
Abamectine	2								
Acetamipride		> 4							12 ¹⁰
Benzovindiflupyr	130	680							
Captane	NV ⁹	25 616	30	2 661	2	11 606	16 088	12 903	8 910
Carbaryl		151		36	84	10		58	4
Diazinon						2 ¹⁰			
Difenoconazole		5							
Kresoxim methyl		1							
Phosmet	NQ ¹¹	NQ	NQ				NQ	NQ	NQ
Pyriméthanyl	5								
Spinosad					35	6	21		
Thiaclopride					2				
Trifloxystrobine								> 7	
λ-Cyhalothrine	5								

⁹ NV : non valide.

¹⁰ Matière active mesurée, mais non utilisée en 2018-2017.

¹¹ NQ : non quantifiée. Tel que mentionné dans la section méthodologie 3.3.3.3, une dégradation du phosmet a été constatée lors de la réanalyse après stockage de certains extraits d'échantillons dilués ainsi les résultats finaux pour cette molécule ne sont donc pas présentés.

Le choix d'un vêtement comme le Tyvek en guise de dosimètre externe (peau de substitution) visait à mesurer l'exposition cutanée. Les producteurs du Cas 1bis, Cas 7 et du Cas 8 portaient systématiquement des vêtements à manches et à jambes courtes en dessous du vêtement collecteur lors des observations. Les producteurs des Cas 5 et 6 eux portaient systématiquement un pantalon long. Pour la Prépa N°2 du Cas 5 le producteur avait un vêtement à manches longues. Ainsi, lorsque le vêtement collecteur était porté directement sur la peau, les mesures obtenues correspondaient à la mesure de l'exposition cutanée réelle. Inversement, lorsque le Tyvek était porté par-dessus d'autres vêtements, les mesures obtenues correspondaient à la mesure de l'exposition cutanée potentielle.

Les données des registres de pesticides 2018 ont permis de constater la variabilité de la masse de captane utilisée pour chacune des observations. À l'aide de ces données, les valeurs d'exposition au captane mesurées sur le corps entier ont été pondérées par la masse de captane utilisée lors des observations (Figure 7).

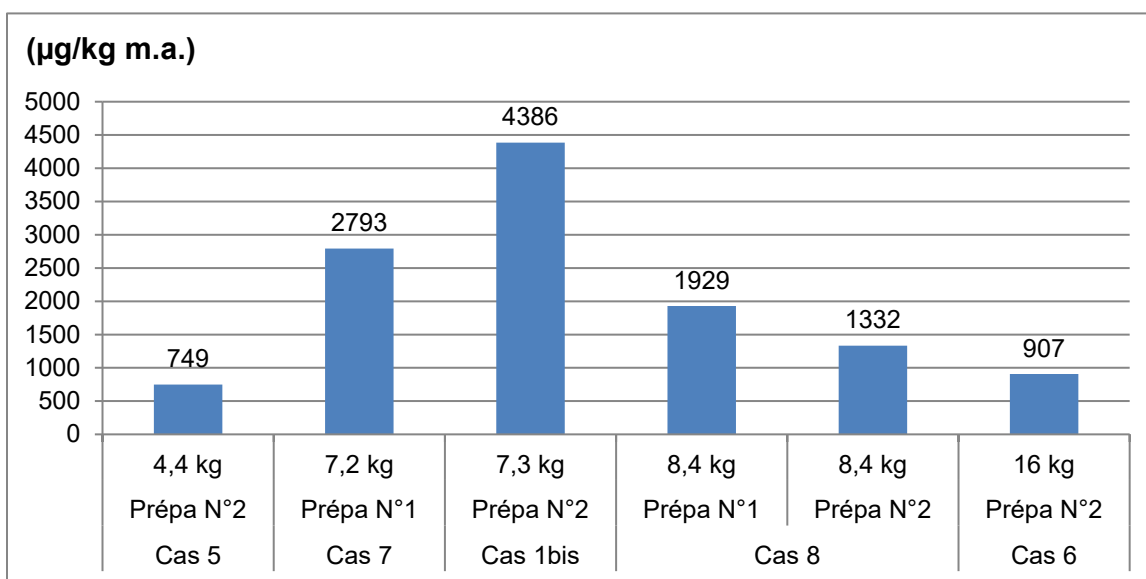


Figure 7. Pondération des valeurs d'exposition au captane mesurées par la masse de matière active de captane utilisée pour chaque Cas (en µg/kg m.a.) classée selon la masse de captane utilisée (en kg).

Le producteur du Cas 6 qui a manipulé la plus grosse quantité est parmi ceux pour lesquels la valeur d'exposition mesurée en µg est la plus faible. À l'inverse, le producteur du Cas 1bis a manipulé l'une des trois plus basses quantités de produit et c'est celui pour lequel la valeur est la plus élevée. Concernant le producteur du Cas 8, une variabilité dans les valeurs mesurées a été mentionnée précédemment. Cependant, lors des deux préparations, il a manipulé la même quantité de captane. Il semble donc que les valeurs mesurées ne sont pas liées à la quantité de matière active utilisée.

Par ailleurs, la durée de la tâche de préparation-remplissage varie selon les situations observées (entre deux et vingt-quatre minutes). La durée semble directement liée au temps de remplissage en eau du pulvérisateur. À titre indicatif, pour le producteur du Cas 6, qui avait prérempli son pulvérisateur en eau avant d'insérer le captane, le temps de préparation a été de deux minutes,

alors que pour le Cas 8 qui a effectué deux préparations de deux pulvérisateurs différents l'un à la suite de l'autre, le temps a été de vingt-quatre minutes (Prépa N°1). Les valeurs mesurées pour ces deux Cas sont toutefois similaires (Cas 6, 11 606 µg et Cas 8, 12 903 µg). Ainsi, l'équipe de recherche a choisi de ne pas utiliser l'unité en µg/min pour comparer les valeurs mesurées, puisqu'elle ne semble pas représentative de l'exposition liée à la réalisation de la tâche de préparation.

4.2.1.2 La présence de matières active sur les équipements utilisés, source de contamination

Les données issues des cinq frottis faits sur les pulvérisateurs (Cas 1bis, Cas 5 et Cas 6) et sur le boyau d'eau (Cas1bis) permettent de constater la diversité des matières actives et des valeurs mesurées (Tableau 15) sur les équipements utilisés par les pomiculteurs. Comme pour les vêtements collecteurs, les valeurs de captane sont supérieures aux autres matières actives mesurées.

Tableau 15. Valeurs des frottis effectués

	Tâches observées	Frottis	Matière active détectée	Valeurs en µg
Cas 1bis	Prépa N°2	Frottis 1 (cuve du pulvérisateur)	Benzovindiflupyr	37,8
			Captane	3140
			Carbaryl	1,1
			Phosmet	NQ ¹²
		Frottis 2 (boyau d'eau)	Benzovindiflupyr	5,1
			Captane	1145
			Carbaryl	8,8
			Phosmet	NQ
Cas 5	Prépa N°2	Frottis 1 (cuve du pulvérisateur)	Carbaryl	31,7
			Phosmet	NQ
Cas 6	Prépa N°2	Frottis 1 (cuve du pulvérisateur)	Captane	444
			Carbaryl	1
			Phosmet	NQ

Ainsi, l'inclusion d'un nombre plus important de frottis dans la méthodologie permettrait de vérifier la présence de résidus sur d'autres éléments de l'environnement de travail. Ces résultats permettraient également de discuter l'exposition des producteurs aux pesticides non manipulés lors des préparations-remplissages observées.

4.2.1.3 Mesure d'exposition cutanée par partie du corps : le cas du captane

Le Tableau 16 présente, pour chaque observation lors de laquelle le captane a été utilisé, la répartition par parties du corps des résultats du captane (en µg). Les cases orangées permettent de visualiser l'ensemble des valeurs supérieures à la médiane, et les valeurs en rouge supérieures au 75^e percentile par observation. De façon générale, les résultats permettent

¹² NQ : non quantifiée

d'identifier que la tête¹³, le bras gauche et le dos sont les parties les moins exposées, alors que l'avant-bras gauche, le ventre et les membres inférieurs seraient les plus exposés. Ainsi, selon les situations une variabilité des parties du corps les plus exposées est visible.

¹³ Excluant le visage

Tableau 16. Valeurs de captane mesurées (en µg) par parties du corps lors de la manipulation du captane (cases en orange valeur ≥ à la médiane, valeurs en rouge > 75^e percentile)

	Tâches observées	Valeur mesurée de captane par partie du corps (µg)											
		Corps entier arrondi	Tête ¹⁴	Avant-bras droit	Bras droit	Avant-bras gauche	Bras gauche	Ventre	Dos	Jambe droite	Cuisse droite	Jambe gauche	Cuisse gauche
Cas 1bis	Prépa N°2	25 616	338	1 392	435	1 553	538	5 316	476	4 482	2 286	4 746	4 054
Cas 5	Prépa N°2	2 661	37	414	104	280	65	262	109	533	260	379	218
Cas 6	Prépa N°2	11 607	578	664	295	640	358	742	965	1 686	2 455	1 446	1 778
Cas 7	Prépa N°1	16 088	884	677	316	1 581	899	1 211	927	1 504	4 024	1 856	2 209
Cas 8	Prépa N°1	12 903	202	1 628	612	2 805	219	1 748	299	909	2 498	429	1 554
	Prépa N°2	8 909	92,4	836	1 783	652	291	2 678	672	139	882	191	693

¹⁴ La tête correspond à la capuche du vêtement collecteur utilisé. Ainsi, l'exposition du visage n'a pas été mesurée.

Dans le cadre de cette étude, nous avons fait l'hypothèse qu'une approche mixte jumelant à la fois analyse de vidéo permettant d'identifier les contacts entre la personne et les sources possibles d'exposition lors de la tâche de préparation-remplissage, couplée à la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur permettrait de mieux comprendre les sources d'exposition. C'est ce que nous allons tenter de démontrer dans la section 4.3.

4.2.2 La mesure d'exposition cutanée lors de travaux au verger

La mesure d'exposition cutanée lors de travaux au verger a été réalisée à deux reprises pour chaque pomiculteur participant (dix observations au total, cent onze échantillons et dix blancs). Les producteurs ont réalisé majoritairement la tâche d'éclaircissage manuel (huit observations). Pour deux observations, les producteurs ont effectué les tâches de dépistage et de taille. Lors des travaux au verger, les producteurs ne manipulent pas directement des pesticides, mais travaillent sur les arbres, potentiellement porteurs de résidus.

4.2.2.1 Mesures d'exposition cutanée sur le corps entier

Parmi les quarante-cinq matières actives analysées par le laboratoire, cinq ont été détectées pour les tâches de travaux au verger. Quatre de ces matières actives ont été consignées dans les registres 2017 et 2018, la cinquième n'avait pas été utilisée par le producteur (Tableau 17).

Tableau 17. Liste de matières actives (M.A.) détectées lors de la mesure d'exposition pour les travaux au verger (éclaircissage manuel, dépestage et taille) selon les valeurs mesurées sur le corps entier (μg), le nombre de jours entre la date de la collecte et la dernière utilisation et la quantité de pluie (en mm) depuis la dernière utilisation

	Tâches observées	Durée des observations	M.A. détectées	Valeurs mesurées corps entier (μg)	Nombre de jours depuis dernière utilisation	Quantité de pluie depuis la dernière utilisation (mm)
Cas 1 bis	Dépestage N°1	51 min	Benzovindiflupyr	12	5	ND ¹⁵
			Carbaryl	1	5	ND
			Captane	3 261	2	ND
			Phosmet	NQ ¹⁶	2	ND
	Éclaircissage N°1	20 min	Captane	1 661	5	ND
			Phosmet	NQ	12	ND
Perméthrine			> 10	NU ¹⁷	ND	
Cas 5	Éclaircissage N°1	19 min	Captane	6 057	6	3,5
	Éclaircissage N°2	25 min	Captane	9 937	5	3,5
Cas 6	Éclaircissage N°1	27 min	Captane	1 126	16	15,4
			Phosmet	NQ	6	-
	Éclaircissage N°2	46 min	Captane	1 072	25	64,8
Cas 7	Taille N°1	63 min	Captane	2 229	4	19,8
	Éclaircissage N°1	42 min	Captane	3 402	11	17,6
Cas 8	Éclaircissage N°1	44 min	Captane	15 517	4	9,4
	Éclaircissage N°2	40 min	Captane	26 029	7	5,8

La mesure d'exposition externe visait à documenter la présence de pesticide sur le vêtement. Cependant, les producteurs du Cas 1bis, Cas 7 et du Cas 8 portaient systématiquement des vêtements à manches et à jambes courtes en dessous du vêtement collecteur lors des observations. Les producteurs des Cas 5 et 6 eux portaient systématiquement un pantalon long. Ainsi, lorsque le vêtement collecteur était porté directement sur la peau, les mesures obtenues correspondaient à la mesure de l'exposition cutanée réelle. Inversement, lorsque le Tyvek était porté par-dessus d'autres vêtements, les mesures obtenues correspondaient à la mesure de l'exposition cutanée potentielle.

¹⁵ ND : non déterminée.

¹⁶ NQ : non quantifiée.

¹⁷ NU : non utilisée en 2018-2017.

Pour les dix observations, l'ensemble des parties du vêtement portait des traces de pesticides. Pour chacune des observations, la matière active captane a été mesurée pour un total variant entre 1 072 (Cas 6 Éclaircissage N°2) et 26 028 μg (Cas 8 Éclaircissage N°2). Pour les producteurs des Cas 5 et 8 les valeurs de captane mesurées sont plus hautes lors des travaux en verger (Cas 5 - 6 057 et 9 937 μg ; Cas 8 - 15 517 et 26 028 μg) que pendant la tâche de préparation-remplissage (Cas 5 - 2 661 μg ; Cas 8 - 12 903 et 8 910 μg).

Le nombre de jours depuis la dernière utilisation de captane variait entre 2 et 25 jours, respectant ainsi le délai de réentrée. La quantité de pluie tombée depuis la dernière utilisation se situait entre 3,5 et 64,8 millimètres (Tableau 17).

Les producteurs ont mentionné qu'à partir de 20 millimètres de pluie, le traitement captane était considéré comme lessivé, ne permettant ainsi plus de garantir la protection des arbres contre la tavelure. Cependant, la quantité de captane mesurée sur les vêtements collecteurs, parfois plus élevée que lors de la tâche de préparation, questionne sur l'exposition des producteurs lors de la réalisation des travaux au verger.

Pour chacune des observations, la durée a varié entre 19 et 63 minutes, pour comparer les valeurs obtenues, elles ont été calculées en $\mu\text{g}/\text{min}$. Ainsi, comme le présente la Figure 8, le Cas 6 Éclaircissage N°2 (durée d'observation de 46 minutes) serait celui où la valeur corps entier est la plus basse (23 $\mu\text{g}/\text{min}$) et le Cas 8 Éclaircissage N°2 (durée d'observation de 40 minutes) celui où la valeur corps entier est la plus haute (651 $\mu\text{g}/\text{min}$). Les valeurs d'exposition ne sont ainsi pas uniquement liées à la durée d'observation.

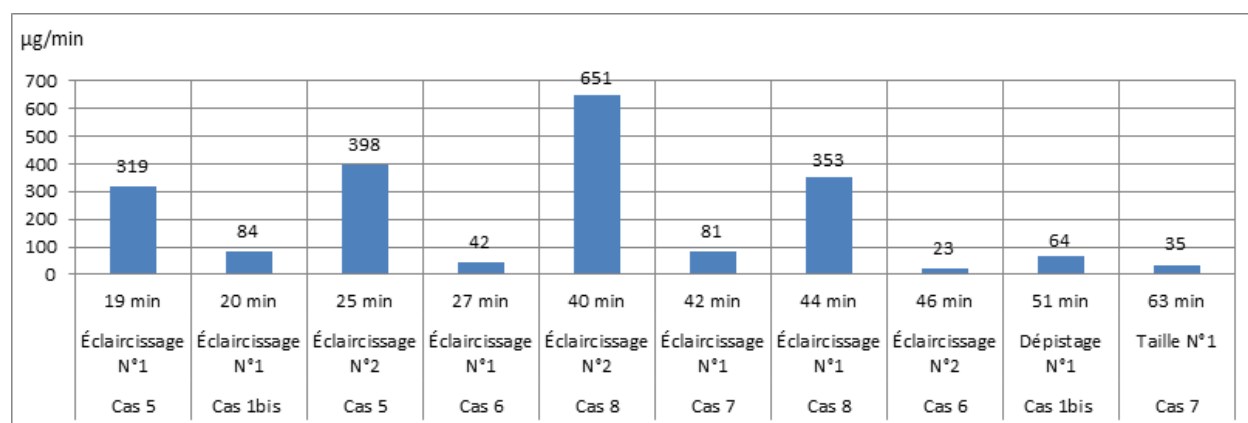


Figure 8. Valeurs d'exposition du corps entier au captane en $\mu\text{g}/\text{min}$, classées selon la durée d'observation.

Dans cette recherche, les producteurs avaient pour consigne de porter, sous le vêtement collecteur, des vêtements propres. Ainsi, avant le début de la réalisation de la tâche observée, les producteurs allaient se changer. Cependant, pour la collecte avec le Cas 5, Éclaircissage N°1, le producteur ne s'est pas changé avant d'endosser le vêtement collecteur. Il avait effectué, parmi d'autres tâches, de l'éclaircissage manuel dans une autre parcelle. Il est donc supposé que le vêtement collecteur ait également recueilli des résidus provenant de ses vêtements. Les valeurs mesurées avec le vêtement collecteur représentent autant l'exposition mesurée de l'extérieur que de l'intérieur du vêtement. Outre les vêtements, pour l'ensemble des observations, la peau, les

cheveux pourraient être des sources d'exposition du vêtement. Ainsi, il devient difficile de confirmer que l'exposition mesurée est uniquement celle de la tâche observée.

4.2.2.2 Mesures d'exposition cutanée par partie du corps : le cas du captane

Le Tableau 18 présente, pour chaque tâche de travaux au verger observée, la répartition par parties du corps des résultats du captane. Les cases orangées permettent de visualiser l'ensemble des valeurs supérieures à la médiane, et les valeurs en rouge > 75^e percentile par observation. De façon générale, l'ensemble du corps semble exposé. La tête et le dos semblent les parties les moins exposées.

**Tableau 18. Répartition des valeurs mesurées de captane par partie du corps en µg par producteur
 (cases en orange valeur ≥ à la médiane, valeurs en rouge > 75^e percentile)**

	Tâches observées	Corps entier arrondi	Tête	Avant-bras droit	Bras droit	Avant-bras gauche	Bras gauche	Ventre	Dos	Jambe droite	Cuisse droite	Jambe gauche	Cuisse gauche
Cas 1 bis	Éclaircissage N°1	1 661	53	379	307	221	193	247	165	14	36	19	27
Cas 5	Éclaircissage N°1	6 057	13	706	576	862	681	674	146	729	478	647	545
	Éclaircissage N°2	9 937	33	1 049	476	1 068	634	901	538	1 582	1 726	960	970
Cas 6	Éclaircissage N°1	1 126	35	31	149	25	97	204	86	82	104	128	185
	Éclaircissage N°2	1 072	55	147	56	105	24	116	131	45	180	61	152
Cas 7	Éclaircissage N°1	3 402		489	421	719	373	383	191	50	451	52	273
Cas 8	Éclaircissage N°1	15 517	435	1 953	1 522	2 788	716	2 850	1 232	414	1 675	241	1 691
	Éclaircissage N°2	26 028	897	4 549	2 808	2 599	862	2 890	2 832	991	3 763	1 373	2 464

Les valeurs de captane les plus élevées pourraient s'expliquer par un contact plus important de ces parties du corps avec les arbres porteurs de résidus de captane. La variabilité des contacts peut s'expliquer par la densité des branches et du feuillage, la distance entre le bout des branches et le tronc, le travail au sol ou sur échelle, etc.

Dans cette étude, nous avons fait l'hypothèse qu'une approche mixte jumelant à la fois analyse de vidéo permettant d'identifier les contacts entre la personne et les sources possibles de contamination lors des tâches de travaux au verger, couplée à la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur permettrait de mieux comprendre les sources d'exposition. Cependant, la densité des branches et du feuillage a entravé les observations, pourtant filmées avec trois caméras. Dans la section 4.3, des hypothèses seront émises pour expliquer les situations d'exposition lors de la tâche d'éclaircissage manuel.

4.3 Mise en visibilité des situations d'exposition

Cette partie vise à répondre au second sous-objectif : tester si la mesure de l'exposition cutanée par un vêtement collecteur (OCDE, 1997) permet de lier les situations de contact observées lors des tâches de préparation-remplissage et travaux au verger, à une exposition aux pesticides présents dans l'environnement de travail. Elle présente la démarche et les résultats de l'Étape 2 du devis de recherche (section 3.4) visant à documenter les situations d'exposition. Les résultats sont présentés séparément pour la tâche de préparation-remplissage et pour l'éclaircissage manuel.

Dans cette étude, une **situation d'exposition** est une situation de travail lors de laquelle l'activité de travail semble être exposante (Galey, 2019). Comme une situation de travail, elle est contrainte par un ensemble de déterminants, humain, technique et organisationnel. Dans ce rapport, les situations d'exposition concernent la survenue probable d'une exposition cutanée aux pesticides.

4.3.1 Les situations d'exposition lors de la tâche de préparation-remplissage

Les situations d'exposition lors de la tâche de préparation-remplissage sera illustrée à partir du Cas 1bis Prépa N°2 et du Cas 5 Prépa N°2. Ces deux cas ont été choisis car les résultats de mesure l'exposition au captane lors de cette tâche, correspondent aux deux valeurs extrêmes mesurées : la valeur corps entier la plus haute pour le Cas 1bis et la plus basse pour le Cas 5.

Bien que les deux producteurs manipulaient la même matière active captane, ils n'utilisaient pas les mêmes formulations commerciales vendues toutes deux en granules. En effet, le producteur du Cas 1bis manipulait du Supra® captan, sac de 5 kg, alors que celui du Cas 5 travaillait avec du Maestro®, sac de 10 kg. Ils ont également manipulé des quantités différentes, 7,3 kg de Supra® captan pour le producteur du Cas 1bis et 4,4 kg pour celui du Cas 5 (Tableau 19).

Tableau 19. Synthèse des pesticides manipulés pour les Cas 1bis et 5, Prépa N°2

	Cas 1bis, Prépa N°2	Cas 5, Prépa N°2
Matière active utilisée	captane	
Formulation commerciale	Supra® captan	Maestro®
Type et taille contenant	sac de 5 kg	sac de 10 kg
Forme de la formulation commerciale	granules	
Quantité utilisée	7,3 kg	4,4 kg
Valeur de captane mesurée sur le corps entier (µg)	25 616 µg	2 661 µg

4.3.1.1 Préparation-remplissage d'une bouillie de captane : Cas 1bis, Prépa N°2

4.3.1.1.1 Description de l'environnement de travail et des équipements utilisés

Afin d'effectuer la tâche de préparation-remplissage, le producteur du Cas 1bis, se déplace entre son entrepôt à pesticide et son pulvérisateur (Figure 9).

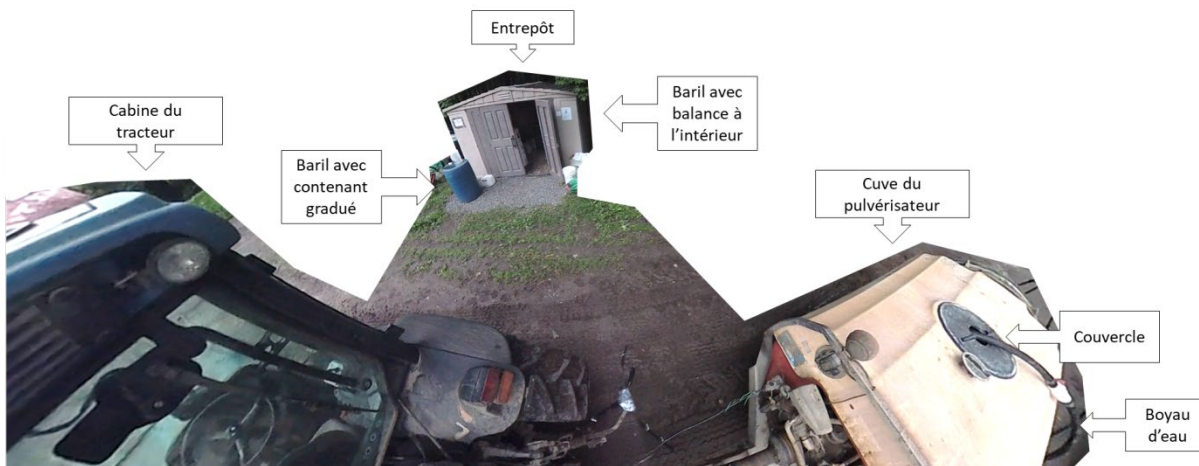


Figure 9. Site de préparation-remplissage du Cas 1bis.

Dans l'entrepôt, il a aménagé un poste de travail à l'aide d'un baril en plastique sur lequel il a déposé une balance (Figure 10).

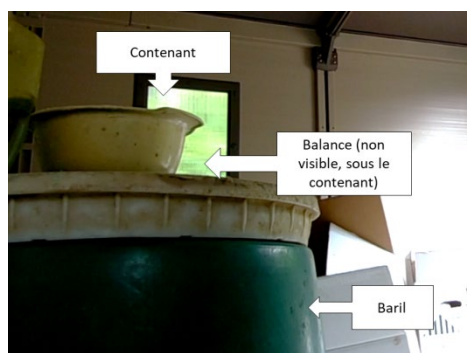


Figure 10. Aménagement du site de pesée dans l'entrepôt du Cas 1bis.

À l'extérieur, il y a un second baril bleu qui sert de table pour mesurer les pesticides, en volume, à l'aide d'un contenant gradué. Un boyau d'eau non soutenu (déposé sur la cuve du pulvérisateur sur la Figure 9) permet d'effectuer le remplissage en eau la cuve du pulvérisateur).

Sur le dessus de la cuve du pulvérisateur, le couvercle se divise en deux parties, dont une partie centrale pouvant se retirer seule. Sous le couvercle se trouve un panier, déposé dans l'ouverture de la cuve. Au fond du panier, une coupelle permet de diffuser le retour d'eau du système d'agitation (Figure 11).

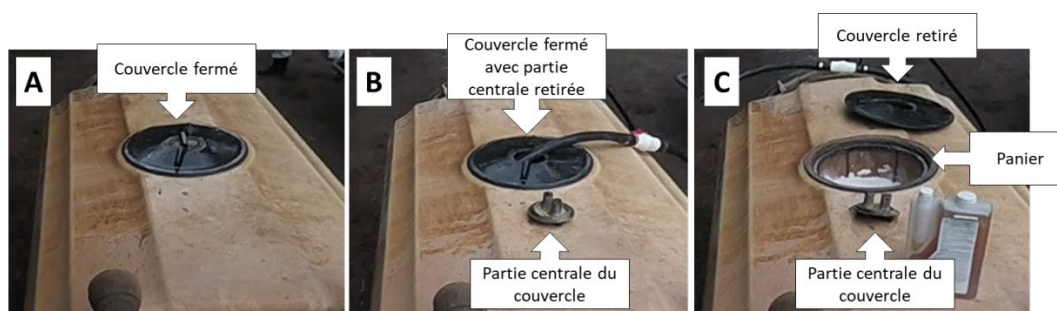


Figure 11. Caractéristiques du pulvérisateur du Cas 1bis.

4.3.1.1.2 Description de l'activité de travail et contact avec les sources d'exposition

Démarrage, étape préalable à la préparation-remplissage

Avant le début de l'observation, le producteur avait ouvert son entrepôt et la porte de son tracteur.

Après avoir endossé le vêtement collecteur Tyvek®, le producteur met ses autres équipements de protection individuelle (EPI), soit son appareil de protection respiratoire (masque plein visage) et ses gants. Pour placer son masque sur son visage, le producteur met autour de son cou la sangle de son masque, le masque vient ainsi se déposer sur le torse du producteur (Figure 12) occasionnant un **contact entre le masque et le ventre** (Tableau 20). Ensuite, le producteur place son masque, l'ajuste.



Figure 12. Appareil de protection respiratoire placé autour du cou du producteur du Cas 1bis.

Le producteur a mentionné qu'il nettoyait parfois l'oculaire de son masque, il a spécifié que pour la saison 2018, il n'avait jamais lavé ses gants. Il achète une nouvelle paire chaque saison. Ainsi, les EPI ont été considérés comme sources d'exposition dans cette recherche. Des **contacts entre les gants et les cuisses** ont été observés lors de position d'attente du producteur lors de la mesure ou de l'insertion des pesticides dans la cuve du pulvérisateur (Tableau 20).

Remplissage en eau

Avant le début de l'observation, le producteur avait débuté le remplissage en eau. Ce remplissage se poursuit sans son intervention pendant qu'il effectue la mesure des produits à insérer dans la cuve. Il avait dévissé la partie centrale du couvercle du pulvérisateur et inséré le boyau d'eau (Figure 11, image B).

Mesure de la quantité de pesticide nécessaire

Le producteur entre dans son entrepôt pour prendre les contenants des produits composant la bouillie à pulvériser : urée, captane, engrais et benzovindiflupyr. Lors des déplacements et des manipulations de contenants dans l'entrepôt, les **jambes et les cuisses** du producteur entrent en **contact avec les contenants entreposés** (Figure 13 et Tableau 20). L'organisation et la quantité de produits entreposés par rapport à la taille de l'entrepôt favorisent les frottements avec les contenants pouvant être porteurs de résidus.



Figure 13. Contact des jambes et cuisses avec les contenants entreposés (Cas 1bis).

Il pèse d'abord l'urée. Il prend l'urée, avec une grosse tasse, directement dans le sac. Puis il pèse la tasse sur sa balance, verse l'urée dans un contenant posé au sol. Il répète la séquence plusieurs fois. L'urée s'est agglomérée dans le sac, ce qui oblige le producteur à appuyer avec son pied sur le sac pour défaire les morceaux.

Ensuite, il pèse le captane. En tout, il manipule trois sacs de Supra® captan pour peser la quantité nécessaire. Le premier est un sac ouvert, que le producteur prend à même le sol et le transvide dans le contenant posé sur la balance. Il transvide par la suite le captane dans un contenant posé au sol. Le second sac est fermé, c'est un sac neuf ; le producteur le prend dans une boîte en carton qui est déjà ouverte. Il ouvre le sac à l'aide d'un couteau, en **appuyant le sac contre son torse** (Tableau 20). Il transvide une quantité dans le contenant posé sur la balance, puis pose le sac ouvert au sol, en appui contre d'autres contenants pour éviter qu'il se renverse. Le troisième sac est fermé, c'est également un sac neuf. Le producteur ouvre une boîte en carton avec son couteau, prend le sac, l'ouvre et le vide entièrement dans le contenant posé au sol.

Le sac de Supra® captan apparaît facile à ouvrir et à manipuler, malgré tout **quelques contacts entre les avant-bras et bras, les cuisses, la jambe droite et le ventre du producteur et le sac** sont observés (Figure 14).

Après avoir transvidé et pesé le captane dans le contenant posé sur la balance, le producteur le transvide dans un plus gros contenant (nommé seau) posé au sol en approchant le contenant le plus près possible du fond du seau pour limiter la hauteur de chute du captane (Figure 14). Il répète les opérations de transvidage, pesée, transvidage suivant la quantité nécessaire. Ainsi, la répétition des transvidages peut occasionner le **contact du corps avec des aérosolisations** (Tableau 20).

Le producteur effectue ces étapes dans son entrepôt non équipé de système de ventilation, ce qui pourrait favoriser **un contact du corps avec la formulation aérosolisée** (Tableau 20). Cependant, la vitesse d'écoulement du produit dans le contenant est lente et contrôlée, et la hauteur de chute réduite (distance emballage et fond du contenant) lors des transferts (emballage-contenant sur balance; contenant vers seau, emballage vers seau) (Figure 14, image 1 et 2), ce qui occasionne très peu d'aérosolisation visible à l'œil nu.



Figure 14. Transvasement lors de la pesée du Supra® captan (Cas 1bis).

Démarrage du tracteur et de l'agitateur

Suite à l'étape de mesure, le producteur prend les anses des seaux d'urée et de captane et se déplace vers le pulvérisateur à l'extérieur de l'entrepôt. Il dépose les seaux au sol près du pulvérisateur (Figure 9), puis se déplace à la cabine du tracteur, dont la porte était déjà ouverte. En restant les pieds au sol, il se penche en **frôlant avec son corps différentes parties du poste de conduite** (Tableau 20) dans la cabine pour accéder aux commandes permettant de mettre en fonction l'agitateur et le ventilateur du pulvérisateur. Lors de la mise en fonction de l'agitateur, une aérosolisation de résidus de bouillie a été observée, provenant, d'après le producteur, de la conception du retour dans le panier du pulvérisateur.

Insertion des produits dans la cuve du pulvérisateur et rangement des contenants, triple rinçage

Le producteur prend et soulève les seaux, en dépose un sur le dessus pulvérisateur, monte sur le marchepied du pulvérisateur, et pose le second près de l'autre. Il dévisse le couvercle du pulvérisateur, l'aérosolisation produite par la mise en fonction de l'agitateur est visible; elle pourrait exposer le producteur directement au mélange eau-résidus présent dans le pulvérisateur (**contact corps-résidus de bouillie**, Tableau 20) et également impliquer le dépôt de ce mélange sur la cuve. Le producteur tient d'une main le couvercle et de l'autre le boyau. En retirant le couvercle, il fait couler de l'eau sur le couvercle. Après avoir posé le couvercle sur le dessus du pulvérisateur, il tourne la valve du boyau pour arrêter l'eau et pose le boyau sur le bout du pulvérisateur. Il redescend du marchepied et va ajuster un réglage dans la cabine du tracteur. Il revient au pulvérisateur, monte sur le marchepied, met son pied droit sur la roue du pulvérisateur tout en prenant appui avec ses jambes et sa cuisse gauche contre la cuve (Figure 15).

Il prend le seau d'urée et effectue son transvasement dans le panier de la cuve du pulvérisateur. Il prend le boyau avec sa main droite, vient l'appuyer sur sa cuisse droite tout en le maintenant avec sa main gauche, puis ouvre la valve et disperse avec le jet d'eau l'urée présente dans le panier du pulvérisateur. Après environ 1 minute, tout en continuant à tenir le boyau, il prend le seau de captane avec sa main gauche et effectue le transvasement du produit dans le panier du pulvérisateur. Une fois le seau déposé sur la cuve du pulvérisateur, il prend le boyau d'eau avec ses deux mains et effectue la dispersion du captane en faisant des cercles avec le boyau au-dessus du panier. Après quelques secondes, il monte également son pied gauche sur la roue du pulvérisateur et prend appui avec ses jambes contre la cuve (Figure 15). Le producteur explique qu'il monte sur la roue du pulvérisateur afin de mieux voir l'intérieur du panier, lui permettant de vérifier la dissolution du produit et d'orienter le jet d'eau sur les amas de produit. Il redescend son pied gauche, prend le couvercle du pulvérisateur, toujours sans le petit couvercle du milieu, et le visse tout en plaçant simultanément le boyau dans l'ouverture centrale, créant ainsi des éclaboussures.

Pour effectuer les opérations de transvasement du produit puis de dispersion dans la cuve du pulvérisateur, le producteur doit **appuyer ses jambes et sa cuisse gauche contre la cuve** (Tableau 20) en raison de la profondeur du marchepied, de la taille de la cuve et de la localisation centrée de son ouverture (Figure 15).



Figure 15. Contact des membres inférieurs avec la cuve du pulvérisateur lors de l'insertion des produits (Cas 1bis).

Lors de la dispersion, le **boyau**, porteur de résidus de captane d'après les résultats du frottis (Tableau 15), est fréquemment en **appui sur sa cuisse droite** (Tableau 20). Les **contacts des jambes et de la cuisse gauche et avec la cuve du pulvérisateur** (Tableau 20), porteuse également de résidus de captane d'après les frottis (Tableau 15), ont pu occasionner une exposition aux résidus déposés sur le pulvérisateur. Ces résidus pourraient avoir été déposés, par exemple lors de la mise en fonction de l'agitateur ou lors de la dernière pulvérisation de captane réalisée deux jours auparavant selon l'analyse du registre.

Lorsque le producteur constate une dispersion satisfaisante du produit, il reprend les deux seaux déposés sur le pulvérisateur, descend du marchepied, se déplace vers l'entrepôt et range les deux seaux, pendant que le remplissage en eau se poursuit.

Par la suite, il prend une bouteille de benzovindiflupyr, en formulation liquide dans l'entrepôt. Il ne réalise pas d'étape de mesure, puisque la quantité nécessaire correspond au volume de la bouteille. Il prend également dans l'entrepôt un bidon d'engrais liquide.

Il sort de l'entrepôt, mesure la quantité d'engrais liquide nécessaire avec un contenant gradué posé sur le baril en plastique situé à l'extérieur, puis pose le bidon au sol, à côté du baril.

Il prend le contenant gradué dans sa main droite et la bouteille de benzovindiflupyr dans sa main gauche. Il marche vers le pulvérisateur et pose les deux contenants sur la cuve, en **frôlant avec son ventre le pulvérisateur** (Tableau 20).

Il monte sur le marchepied et met son pied droit sur la roue du pulvérisateur, **ses jambes et sa cuisse gauche sont appuyées contre la cuve** (Tableau 20). Après avoir fermé la valve du boyau d'eau, il pose le boyau sur le bout de la cuve et ouvre le couvercle du pulvérisateur.

Il prend le contenant gradué et transvide l'engrais dans le panier. Puis retourne mesurer une seconde quantité d'engrais proche de l'entrepôt qu'il dépose sur le baril. Après avoir fermé le bouchon et rangé le bidon dans l'entrepôt, le producteur reprend le contenant gradué sur le baril et se déplace vers le pulvérisateur, monte sur le marchepied, **appuie ses jambes et sa cuisse gauche contre la cuve** (Tableau 20) et verse l'engrais dans le panier. Il pose le contenant gradué sur la cuve, **prend le boyau d'eau, en l'appuyant sur sa cuisse droite** (Tableau 20) et ouvre la valve. Il prend le contenant gradué, le rince avec le boyau d'eau au-dessus du panier, puis le dépose sur la cuve.

Le producteur prend la bouteille de benzovindiflupyr. Il la dévisse d'une main, tout en continuant de tenir le boyau d'eau avec sa main droite, puis verse entièrement le contenu de la bouteille dans le pulvérisateur. Lors de ce transvidage, aucune éclaboussure de produit n'est observée.

Le producteur rince par la suite, à trois reprises, la bouteille à l'aide de son boyau d'eau au-dessus du panier de la cuve. Lors de l'insertion de l'eau dans la bouteille, des débordements ont été observés. Ceux-ci pourraient s'expliquer par le faible diamètre de l'ouverture de la bouteille par rapport au diamètre du boyau d'eau et au débit d'eau. Ainsi, suite au triple rinçage, l'extérieur de la bouteille **est porteur de résidus**.

Après avoir déposé la bouteille sur la cuve, le producteur poursuit le remplissage en eau, tout en étant en **appuie avec ses jambes et sa cuisse gauche contre la cuve, ainsi que le boyau sur sa cuisse droite** (Tableau 20). Il ferme la valve du boyau d'eau puis visse le couvercle du pulvérisateur. Il ouvre la valve du boyau pour ajouter de l'eau par l'ouverture centrale du couvercle. Une fois la quantité d'eau nécessaire atteinte, il arrête l'eau et visse la partie centrale du couvercle. Il descend du marchepied et va ranger son boyau d'eau à quelques dizaines de mètres près d'un bâtiment.

Il revient vers le pulvérisateur, prend le contenant gradué et la bouteille de benzovindiflupyr vide qu'il avait déposée sur la cuve. Il se déplace et dépose le contenant gradué sur le baril en plastique situé à l'extérieur de l'entrepôt. Ensuite, pour répondre aux exigences d'AgriRécup¹⁸, le producteur retire le livret collé sur la bouteille. Pour cela, il **appuie la bouteille de benzovindiflupyr contre son torse** pour pouvoir le décoller (Figure 16 et Tableau 20). Finalement, il place le livret dans un bac et la bouteille dans un autre, puis ferme et verrouille la porte de l'entrepôt.



Figure 16. Contact du ventre avec la bouteille de benzovindiflupyr lors du retrait de l'étiquette (Cas 1bis).

4.3.1.1.3 Compilation des mesures d'exposition cutanée et des contacts avec les sources d'exposition

Les mesures d'exposition obtenues pour le producteur du Cas 1bis (Prépa N°2) ont pour valeurs sur le corps entier 25 616 µg pour le captane et 680 µg pour le benzovindiflupyr. Cinq autres pesticides non manipulés ont également été mesurés à des valeurs beaucoup plus basses. La répartition des valeurs de captane sur le corps permet de dire que le ventre et les membres inférieurs sont les plus exposés. Concernant le benzovindiflupyr, le ventre est la partie la plus exposée (Tableau 20).

L'analyse vidéo de la tâche de préparation-remplissage, qui a duré dix-huit minutes, a permis de comptabiliser onze sources d'exposition, totalisant soixante-seize contacts répartis sur neuf des onze parties du Tyvek (absence de contact avec la tête et le dos) (Tableau 20). Le ventre et les membres inférieurs sont les parties du corps le plus en contact avec des sources d'exposition, le corps entier a également été en contact avec des sources d'exposition.

¹⁸ <https://agrireкуп.ca/materials/bidons-jusqua-23/>

Tableau 20. Synthèse du nombre de parties du corps entrant en contact avec une source d'exposition et valeurs des matières actives mesurées (en µg) sur les parties du corps lors de la manipulation du captane et du benzovindiflupyr – Cas 1bis Prépa N°2 (cases en orange valeur ≥ à la médiane, valeurs en rouge > 75^e percentile)

SOURCES D'EXPOSITION	PARTIES DU CORPS											
	Corps entier	Tête	Avt-bras droit	Bras droit	Avt-bras gauche	Bras gauche	Ventre	Dos	Jambe droite	Cuisse droite	Jambe gauche	Cuisse gauche
Formulation aérosolisée	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bouillie	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contenant de pesticide	0	0	4	4	1	1	8	0	3	4	4	6
Boyau d'eau	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
Valve d'eau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0
Cuve	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	4	4
Intérieur du tracteur	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Masque	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gants	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1
Autre	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
TOTAL (76)	9	0	4	4	1	1	11	0	11	16	8	11
Acetamipride	> 4,4	ND ¹⁹	1,2	ND	0,7	ND	ND	ND	ND	ND	2,5	ND
Benzovindiflupyr	680	0,7	27,4	0,7	23,6	8	319,5	1,8	112	25,6	82,3	78,4
Captane	25 616	338	1 392	435	1 553	538	5 316	476	4 482	2 286	4 746	4 054
Carbaryl	151	0,9	19,2	0,9	11,7	5,9	38,4	1,2	24,6	16,4	18,9	12,4
Difenoconazole	5	ND	1,3	ND	ND	ND	3,2	ND	ND	ND	ND	ND
Kresoxim methyl	1	ND	2,5	ND	2,5	ND	ND	ND	0,6	ND	ND	ND
Phosmet	NC ²⁰	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
MATIÈRES ACTIVES DÉTECTÉES en ug par échantillon	Corps entier (µg)	Tête	Avt-bras droit	Bras droit	Avt-bras gauche	Bras gauche	Ventre	Dos	Jambe droite	Cuisse droite	Jambe gauche	Cuisse gauche
	PARTIES DU CORPS											

¹⁹ ND : non détectée

²⁰ NC : non chiffrée

Pour conclure la présentation des résultats des situations d'exposition pour le Cas 1bis lors de l'observation de la prépa N°2, voici les points à retenir :

- les contacts avec les contenants de pesticides sont les plus nombreux et concernent neuf parties du corps. Ils sont principalement survenus lors de la mesure des produits. Concernant le benzovindiflupyr, le ventre est la partie du vêtement pour laquelle la valeur est la plus élevée. Cette valeur s'expliquerait par l'appui de la bouteille porteuse de résidus sur le torse du producteur lors du retrait de l'étiquette suite au triple rinçage;
- les contacts avec la cuve du pulvérisateur sont les seconds en nombre et concernent la jambe droite, la jambe gauche et la cuisse gauche. Ces contacts sont survenus lors de l'insertion et de la dispersion des produits dans la cuve du pulvérisateur, ainsi que lors du triple rinçage des produits. Ces parties du corps sont d'ailleurs les plus exposées au captane;
- plusieurs contacts du corps entier ont été observés avec le poste de conduite du tracteur. Ces contacts sont survenus lors de la manipulation de commande au poste de conduite du tracteur;
- des expositions du corps entier avec des formulations aérosolisées ont également été observées lors de l'ouverture du couvercle du pulvérisateur, suite à la mise en fonction de l'agitateur;
- concernant les matières actives qui n'ont pas été manipulées, les parties du corps exposées au carbaryl (utilisé deux jours auparavant) sont le ventre et la jambe droite, et celle exposée au difenoconazole (utilisé vingt et un jours auparavant) est le ventre. Ainsi, les contacts avec les contenants ou la cuve pourraient expliquer la présence de ces résidus sur le vêtement;
- de façon générale, le ventre et les jambes du producteur du Cas1bis, semblent les plus exposés aux pesticides en cours de manipulation lors de la situation de la Prépa N°2. La présence de captane semble provenir soit des contacts avec des équipements porteurs de résidus de captane (contenants, cuve du pulvérisateur, valve du boyau d'eau), soit des contacts avec des aérosolisations.

4.3.1.2 Préparation-remplissage d'une bouillie de captane : Cas 5, Prépa N°2

4.3.1.2.1 Description de l'environnement de travail et des équipements utilisés

Pour réaliser la tâche de préparation-remplissage, le producteur du Cas 5, se déplace entre son lieu de pesée, situé à l'extérieur sur une terrasse en béton où il a déposé une balance et son pulvérisateur, stationné en contre bas d'un talus (Figure 17).

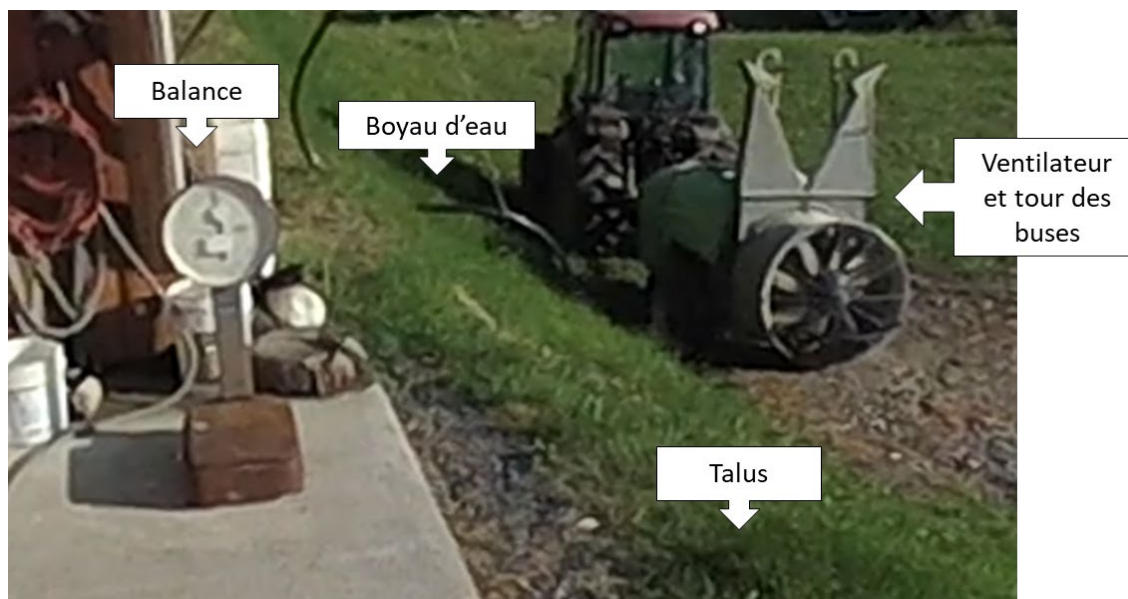


Figure 17. Site de préparation-remplissage du Cas 5.

Un boyau d'eau non soutenu permet d'effectuer le remplissage en eau la cuve du pulvérisateur (visible sur le talus et déposé dans le pulvérisateur, Figure 17).

Sur le dessus de la cuve du pulvérisateur, le couvercle est attaché à la cuve par une charnière (en rouge sur les images de la Figure 18). Sous le couvercle se trouve un panier, déposé dans l'ouverture de la cuve. Le producteur a mentionné qu'aucun système de retour d'eau du système d'agitation n'était présent au fond du panier (Figure 18).

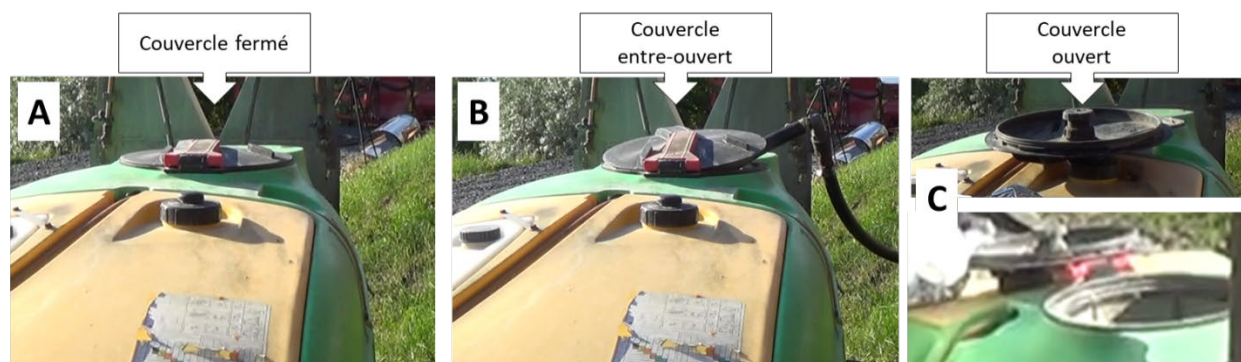


Figure 18. Caractéristiques du pulvérisateur du Cas 5.

4.3.1.2.2 Description de l'activité de travail et contact avec les sources d'exposition

Démarrage, étape préalable à la préparation-remplissage

Une fois le vêtement collecteur Tyvek® endossé, le producteur met son appareil de protection respiratoire (masque plein visage).

Remplissage en eau

La veille, le producteur avait débuté le remplissage en eau en insérant le boyau d'eau dans le panier du pulvérisateur puis en rabattant le couvercle pour le maintenir (Figure 18, image B).

Mesure de la quantité de pesticide nécessaire

Le producteur, préalablement à l'observation, a apporté à côté de sa balance une partie des produits composant la bouillie à pulvériser : urée et captane. Il avait également déposé les contenants de calcium et de bore à côté du pulvérisateur. Son entrepôt se trouvant à quelques centaines de mètres de son lieu de mesure-remplissage, il apporte, avant chaque pulvérisation, les contenants nécessaires avec son véhicule.

Il pèse tout d'abord le captane (Maestro®). Après avoir déposé un contenant sur la balance, il prend le sac de captane déjà ouvert, écarte l'ouverture et transvide dans le contenant. Une fois la quantité nécessaire mesurée, il dépose le sac de Maestro® à côté de la balance, prend le contenant et le dépose au sol. Le Maestro®, en granule, se désagrège et forme de la poudre, occasionnant de l'aérosolisation, visible à l'œil nu, lors du transvasement. Le producteur est placé dehors, dos au vent (Figure 19), ce qui permettrait de limiter le **contact du corps avec le nuage d'aérosolisation** (Tableau 21). Le **sac** de Maestro® apparaît lourd et peu facile à manipuler, le producteur l'appuie **contre son corps** (avant-bras et bras gauche, ventre, cuisse et jambe gauche Tableau 21) lors du transvasement (Figure 19).

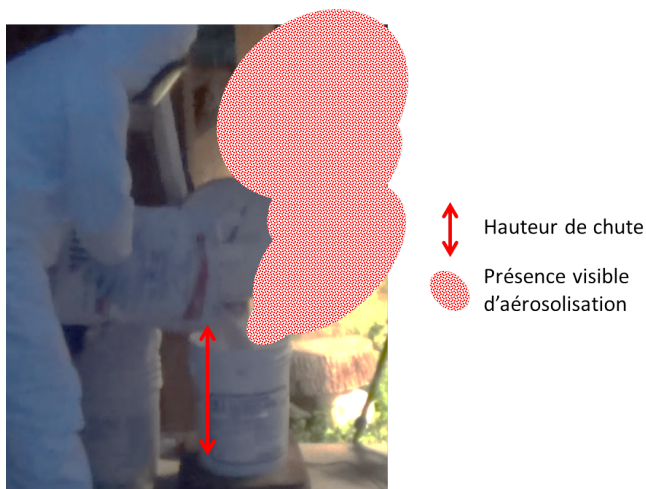


Figure 19. Transvasement lors de la mesure (Cas 5).

Après la mesure du captane, il répète les mêmes opérations avec l'urée, vendu sous forme de granules dans un sac.

Démarrage du tracteur et de l'agitateur

Suite à l'étape de mesure, le producteur prend les anses des seaux d'urée et de captane et se déplace vers le pulvérisateur situé en contrebas du talus. Le producteur, préalablement à l'observation, avait déjà mis en fonction le moteur du tracteur et activé l'agitateur et le ventilateur du pulvérisateur. Le producteur passe à côté de la tour des buses, dont le ventilateur est en fonction (**contact du corps avec les résidus aérosolisés**, Tableau 21). Lors de cette observation, le producteur n'avait pas retiré le boyau du pulvérisateur avant d'effectuer la mesure des produits, il est donc passé sous le boyau pour accéder à l'ouverture du pulvérisateur, entraînant un **contact entre le boyau et son dos** (Figure 20 et Tableau 21).



Figure 20. Accès au pulvérisateur (Cas 5).

Le producteur mentionne que la mise en fonction de l'agitateur, nécessaire pour assurer la dissolution des produits, actionne également le ventilateur du pulvérisateur, servant à pousser la bouillie sortant des buses vers les branches à atteindre. En raison de l'aménagement des lieux, le producteur du Cas 5 passe dans le vent du ventilateur de la tour des buses à chaque

déplacement entre son site de pesée et son pulvérisateur. Le producteur mentionne que le fonctionnement de l'agitateur et du ventilateur peut être déconnecté en activant une manette située sur le pulvérisateur ou selon le modèle de pulvérisateur. L'activation du ventilateur se ferait seulement à un certain régime de rotation du moteur du tracteur.

Insertion des produits dans la cuve du pulvérisateur

Après avoir déposé le contenant de sa main gauche au sol, il ouvre, en le rabattant, le couvercle du pulvérisateur. Puis porte l'autre contenant avec ses deux mains, verse le produit dans le panier du pulvérisateur. Il tourne la valve du boyau d'eau et rabat le couvercle du pulvérisateur. Après avoir posé le premier contenant au sol, il prend le second, monte et place ses deux pieds sur le marchepied et dépose le contenant sur le pulvérisateur à droite du couvercle. Il prend le boyau d'eau avec ses deux mains et fait des mouvements dans le panier pour aider la dissolution. Il ouvre le couvercle, et après quelques secondes, prend le second contenant et verse le produit dans le panier, tout en appuyant **sa jambe et sa cuisse gauche contre la cuve du pulvérisateur** (Tableau 21). Après avoir reposé le contenant sur le pulvérisateur, il continue à faire des mouvements avec le boyau en le tenant à deux mains.



Figure 21. Producteur du Cas 5 lors de l'insertion des produits.

Les caractéristiques du pulvérisateur (taille et localisation de l'ouverture) lui permettent d'effectuer ses opérations en limitant les appuis contre la cuve (Figure 21).

La présence d'un « tourbillon » d'aérosolisation du côté droit du producteur a pu être constatée sur les séquences vidéo. Suite aux résultats de mesure, une exposition plus importante sur le côté droit a été identifiée. En effet, le fonctionnement du ventilateur associé au lieu de stationnement du pulvérisateur (parallèle à un talus) favoriserait le « renvoi » des aérosolisations vers le producteur, occasionnant un **contact du corps avec des aérosolisations de résidus de bouillie** (Tableau 21), lors de l'insertion puis de la dispersion.

De plus, l'entrebâillement de l'ouverture du couvercle vers le côté droit (couvercle rabattable, accroché au pulvérisateur sur son côté gauche) oriente la sortie des aérosolisations vers le ventilateur lors de la dispersion, entraînant un **contact du corps avec des aérosolisations de formulation commerciale** (Tableau 21). Un agitateur est présent dans le fond de la cuve, mais il n'y a pas de retour dans le panier. Ainsi, le producteur mentionne le besoin de se servir de son arrivée en eau pour effectuer la dispersion des produits et donc d'être proche de l'ouverture.

Après avoir contrôlé la dissolution de l'urée et du captane, le producteur laisse son boyau ouvert pour continuer le remplissage en eau. Il descend du marchepied du pulvérisateur et prend le contenant vide qu'il avait posé au sol pour mesurer le calcium et le bore, tous deux étant des formulations liquides, dans des bidons. Une fois le premier produit mesuré, il verse le contenu dans le panier, tout en montant sur le marchepied du pulvérisateur puis répète les mêmes opérations pour le second produit.

Avant de poursuivre le remplissage en eau, il rince le contenant au-dessus de l'ouverture du pulvérisateur avec le boyau d'eau, puis le dépose sur le pulvérisateur. Il prend les deux contenants vides, descend du marchepied et les pose au sol. Il remonte sur le marchepied et complète le remplissage en eau, en appuyant **sa jambe et sa cuisse gauche contre la cuve du pulvérisateur** (Tableau 21). Il tourne la valve pour arrêter le boyau, avec sa main gauche, prend le couvercle et le rabat. Il descend du marchepied, pose le boyau au sol, puis remonte sur le marchepied pour verrouiller avec ses deux mains le couvercle du pulvérisateur. Avec son pied, il range le marchepied sous le pulvérisateur, puis passe à côté du ventilateur pour venir rejoindre l'équipe de recherche (**contact du corps avec les résidus aérosolisés**, Tableau 21).

4.3.1.2.3 Compilation des contacts avec les sources d'exposition et mesure d'exposition cutanée

Les mesures d'exposition obtenues pour le producteur du Cas 1bis Prépa N°2 ont pour valeurs corps entier, 2 661 µg pour le captane. Une autre matière active non manipulée, le carbaryl a également été mesuré à une valeur beaucoup plus basse (36 µg). La répartition des valeurs de captane sur le corps permet de dire que les jambes droite et gauche et l'avant-bras droit sont les plus exposés (Tableau 21). Pour la matière active carbaryl (utilisée quatre jours auparavant), l'avant-bras et le bras droit ont été les plus exposés.

L'analyse vidéo de la tâche de préparation-remplissage, qui a duré six minutes, a permis de comptabiliser quatre sources d'exposition, totalisant dix-huit contacts répartis sur les membres supérieurs et inférieurs du côté gauche, ainsi que le ventre, le dos et le corps entier ont été observés (Tableau 21).

Pour conclure la présentation des résultats des situations d'exposition pour le Cas 5 lors de l'observation de la prépa N°2, voici les points à retenir :

- les contacts avec les contenants de pesticides sont les plus nombreux (10/18 contacts) et concernent cinq parties du corps, soit les membres inférieurs et supérieurs du côté gauche ainsi que le ventre;
- des expositions du corps entier avec des formulations aérosolisées ont été observées lors de la mesure et de l'insertion du captane ainsi que lors du passage à proximité du ventilateur. Le fonctionnement du ventilateur favorisant le déplacement des aérosols pourrait expliquer l'exposition plus marquée sur le côté droit du producteur par rapport au côté gauche;
- la présence de captane, dans les résultats de mesure, pour le producteur semble provenir des contacts avec des équipements porteurs de résidus de captane (contenant) ou des contacts avec des aérosolisations;
- concernant les matières actives qui n'ont pas été manipulées, les parties du corps exposées au carbaryl sont principalement l'avant-bras et le bras droit. Les observations n'ont pas permis d'observer des contacts spécifiques avec ces parties du corps, une hypothèse expliquant ces résultats de mesure pourrait être le contact du corps avec les formulations aérosolisées lors du passage à proximité du ventilateur. Le carbaryl avait été utilisé quatre jours auparavant.

4.3.2 Les situations d'exposition lors du déroulement de la tâche d'éclaircissage manuel

Concernant la tâche d'éclaircissage manuel, l'observation en direct a permis de conclure que l'ensemble du corps entre en contact avec le feuillage. Ainsi, les situations d'exposition observées sont celles du frottement du **corps avec les branches et les feuilles des arbres porteurs de résidus**. Contrairement à la tâche de préparation-remplissage, pour celle d'éclaircissage manuel, il n'a pas été possible de comptabiliser les contacts. Malgré deux à trois angles de prises de vues avec les caméras, les branches cachaient en partie le producteur.

Les producteurs, à partir du sol ou sur une échelle ou une nacelle, vont pour chacune des branches de l'arbre rechercher les pommes présentes. Suivant la quantité de feuilles, ils vont voir les pommes ou les sentir au toucher en palpant toute la longueur de la branche. Ainsi, les producteurs entrent en **contact avec l'arbre lors de l'accès aux fruits**. Cependant, le type de porte-greffe (nain, semi-nain, standard), le cultivar (pomme d'été ou d'automne) et l'entretien effectué par le producteur (taille, conduite de verger) vont influencer le gabarit de l'arbre. Ainsi, la répartition des branches, leur densité et celle du feuillage vont varier, ce qui demandera au producteur de rentrer plus ou moins profondément dans l'arbre et influencera sa capacité à se mouvoir au travers des branches occasionnant un contact du corps avec le feuillage. La Figure 22 illustre la différence de densité entre le Cas 6 qui travaille dans un arbre à faible densité²¹ et les

²¹ Couvert végétal dépassant un mètre entre le bord du feuillage et le tronc

Cas 1bis et Cas 8 qui travaillent dans des arbres à haute densité²². Les résultats de mesure sont très variables entre ces producteurs, 1072 µg et 1661 µg pour les Cas 6 et Cas 1bis comparativement à 26 029 µg pour le Cas 8.



Figure 22. Cas 6 (à gauche), Cas 1bis (au centre) et Cas 8 (à droite).

Les producteurs vont passer plus ou moins de temps par arbre selon de la quantité de pommes à enlever. Selon les producteurs, le cultivar, l'âge du pommier, le cycle naturel de l'arbre, les conditions météorologiques (automne, hiver, printemps précédent), la pollinisation et la qualité des éclaircissages chimiques influent sur la quantité de pommes à éclaircir manuellement.

La présence de résidus sur l'arbre pourrait s'expliquer par différents déterminants. Elle peut dépendre de la quantité de pesticides pulvérisés au préalable, du délai depuis la dernière pulvérisation. Elle peut également s'expliquer par l'absence ou la présence de pluie entre la pulvérisation et l'éclaircissage manuel.

4.4 Émergence des pratiques de prévention

Cette section vise à répondre au troisième sous-objectif : tester si une méthodologie mixte, alliant mesure de l'exposition et analyse de l'activité, combinée à des entretiens collectifs construits sur la base des situations d'exposition identifiées est un moyen efficace pour permettre aux pomiculteurs de décrire et de partager entre eux plus facilement leurs pratiques de prévention. Elle est basée sur les Étapes de l'Étude préparatoire, 1 et 2 du devis de recherche (sections 3.2., 3.3, 3.4).

Après la présentation de la définition de « Pratiques de prévention », deux exemples, pour chacune des deux tâches observées, préparation-remplissage et éclaircissage manuel, illustreront les étapes de la méthodologie (observations, entretiens postobservation, entretiens

(Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2018).

²² Couvert végétal ne dépassant pas un mètre entre le bord du feuillage et le tronc (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2018).

d'autoconfrontation et atelier d'échange) ayant permis aux producteurs de décrire et de partager leurs pratiques de prévention.

4.4.1 Retour sur la définition de pratiques de prévention

Les pratiques de prévention sont des actions qui permettraient, sans en être nécessairement directement l'objectif initial, une réduction de contact entre le producteur et les sources d'exposition, résultant en une diminution potentielle de l'exposition cutanée aux pesticides.

Ces pratiques peuvent être mises en œuvre lors de la réalisation de différentes tâches liées à la gestion du verger.

Elles peuvent permettre une réduction ponctuelle (p. ex. : appuyer un sac de pesticide contre le mur pour éviter un renversement), continue (p. ex. : installer un ventilateur dans l'entrepôt à pesticide), immédiate (p. ex. : ne pas s'appuyer contre la cuve) ou différée dans le temps (p. ex. : installer un contenant en plastique sur la table de travail afin de récupérer les déversements).

Elles peuvent également occasionner elles-mêmes une exposition (p. ex. : utiliser un seau plus grand que nécessaire, 20 L au lieu de 10 L, pour éviter les débordements pourrait créer plus d'aérosolisation due à une plus grande hauteur de chute).

Le développement de pratiques de prévention dépend de facteurs tels que les connaissances des producteurs (représentation du risque), les équipements et les moyens disponibles (temps, finance).

4.4.2 Exemple : l'arrêt du ventilateur du pulvérisateur

Le premier exemple porte sur la tâche de préparation-remplissage et vise la réduction du contact avec les résidus aérosolisés pouvant survenir lors des opérations réalisées à proximité du pulvérisateur lors du fonctionnement du ventilateur de la tour des buses.

Les observations et les échanges avec les producteurs ont permis de constater que la mise en fonction de l'agitateur, nécessaire pour réaliser la préparation de la bouillie, actionne également le ventilateur du pulvérisateur, servant à pousser la bouillie sortant des buses vers le feuillage (Figure 23). Ainsi, lorsque les producteurs travaillent près du pulvérisateur lors de la tâche de préparation-remplissage, ils peuvent être exposés aux résidus « projetés » par le vent du ventilateur. Les résidus peuvent être décollés de la tour des buses. Par ailleurs, les aérosolisations, provenant du transvasement des produits dans la cuve du pulvérisateur, peuvent également être maintenues en suspension par le vent du ventilateur.



Figure 23. Photo d'un exemple de pulvérisateur à verger.

Les **observations** menées lors de la **collecte 2015, Étape 1 du devis de recherche** avaient permis de voir la dissociation du fonctionnement du ventilateur et de l'agitateur par deux producteurs. Au travers des **entretiens menés en 2015**, les producteurs avaient expliqué la possibilité, grâce à une manette, d'arrêter le ventilateur lors du fonctionnement de l'agitateur. Cette action peut être considérée comme une pratique de prévention telle que nous l'avons défini dans cette étude.

Pour un des producteurs, les **résultats de mesure qualitatifs**²³, présentant une exposition plus importante sur le côté droit, ont permis **aux chercheurs d'observer sur les vidéos** la présence d'un « tourbillon » d'aérosolisation. En effet, le fonctionnement du ventilateur, associé au lieu de stationnement du pulvérisateur (parallèle à un talus), semblait favoriser le « renvoi » des aérosolisations vers le producteur lors de l'insertion puis de la dispersion du produit. Ainsi, lors de **l'entretien d'autoconfrontation**, suite à la **présentation de la séquence vidéo** de la Prépa N°2, les chercheurs ont questionné ce producteur sur le fonctionnement du ventilateur :

« Chercheur : Ah ça c'est ma question, est-ce que le... là ton ventilateur, il fonctionne.

Producteur : Oui.

Chercheur : Est-ce que t'es capable de dissocier l'agitateur du ventilateur?

Producteur : Oui, oui. C'est juste que c'est...

Chercheur : Donc tu le fais des fois?

Producteur : C'est rare qu'on fait ça. Non, non, c'est con parce qu'après ça on est obligé de réarrêter le PTO, le rentrer dans le tracteur, on met, on vient de toucher à des produits. (...) t'as les mains propres pis quand t'as fini, t'as pus de gants pis tu rentres dans le tracteur. C'est pour ça que je vois pas l'intérêt là. OK, il y a un peu de vent quand on a passé à côté, mais on s'est-tu fait contaminer par ça? Bah il y a des risques hein, mais... C'est que c'est... »

(Extrait de verbatim de l'entretien d'autoconfrontation)

²³ Tel que mentionné dans la section « Méthodologie », les échanges avec les producteurs ont été exclusivement menés à partir des résultats de mesures qualitatifs.

Lors du même **entretien d'autoconfrontation**, après la **présentation des résultats de mesure d'exposition qualitatifs**, ce même producteur fait un lien entre les zones corporelles exposées et le fonctionnement du ventilateur :

« Producteur : Probablement ce qui arrive, c'est quand qu'on voit la petite boucane qui arrive pis elle va probablement dans le vent du ventilateur, ben ç'a fait une petite draft. »

(Extrait de verbatim de l'entretien d'autoconfrontation)

La mise en visibilité de l'exposition a permis au producteur une réflexion sur la présence de la situation d'exposition et ses déterminants (fonctionnement du ventilateur).

À l'**atelier d'échange**, lors du **visionnement d'une séquence vidéo** présentant une situation où le ventilateur du pulvérisateur fonctionnait, le producteur intervient :

« Producteur : Est-ce que tout le monde Caroline a laissé le ventilateur tourner?...là je vois que celui-là oui. Parce que moi ce que j'ai vu, je ne le fais pas pour gagner du temps aussi probablement, mais le vent que ça fait peut-être que c'est ça aussi qui nous fait... »

(Extrait de verbatim de l'atelier d'échange)

Lors de l'**atelier d'échange**, les **échanges** portant sur cette caractéristique du pulvérisateur ont permis d'une part de mentionner la difficulté d'alignement des crans lors de la manipulation de la manette pouvant entraîner un bris d'équipement et le défaut de fonctionnement de la mise en fonction du ventilateur à un certain régime du tracteur. Toutefois l'idée d'arrêter le ventilateur pendant la préparation a été énoncée par le producteur. Il a ainsi vu l'arrêt du ventilateur comme une pratique de prévention. Les deux producteurs du Groupe 1, qui arrêtent systématiquement leur ventilateur, ont expliqué leur situation et la facilité de l'arrêter malgré les autres difficultés énoncées.

Cet exemple permet de constater la complémentarité des différentes étapes de la méthodologie mises en place. La méthodologie a permis, d'une part aux chercheurs de cibler la situation d'exposition et ses déterminants. À partir de cette première étape, des supports vidéo et de mesure d'exposition ont été conçus et présentés au producteur. Cela lui a permis de verbaliser sur cette situation d'exposition et ses déterminants. Finalement, lors de l'atelier d'échange, le questionnement du producteur à destination des chercheurs, devant ses pairs, a ouvert les échanges entre les producteurs sur cette situation d'exposition et les pratiques de prévention associées mises en place ou à développer.

4.4.3 Exemple : le retrait des vêtements de travail

Le second exemple présenté concerne la tâche d'éclaircissage manuel, pour laquelle les observations ont permis aux chercheurs de constater un contact constant des producteurs avec le feuillage et les branches des arbres porteurs de résidus.

Les verbalisations, recueillies lors des **entretiens postobservation**, illustrent la perception de la survenue des contacts par les producteurs :

« Chercheur : Selon toi, t'as une impression d'avoir des parties du corps plus en contact que d'autres avec l'arbre ou?

Producteur : Quand je fais c'te travail-là comme ça manuel, c'est sûr que c'est les mains là. Les mains, les bras, c'est sûr que c'est ça. Les avant-bras. Après ça... bon... ça peut être un peu le dos. Les jambes, ça doit être ça qui est le moins en contact là.

Chercheur : OK. Et... mais c'est sûr que...

Producteur : Je te dirais la taille en haut, ça doit être ça le plus en contact.

Chercheur : Surtout sur le haut du corps. »

(Extrait de verbatim de l'entretien postobservation)

Ensuite, lors des **entretiens d'autoconfrontation**, les producteurs ont constaté, au travers du **visionnement des séquences vidéo**, des contacts :

« Producteur : En tout cas, je vais quand même être surpris si tu me dis qu'ils ont pas trouvé de molécules partout.

Chercheur : Pourquoi?

Producteur : Ben parce que je touche tout le temps au feuillage pis tu sais, ça me touche partout là. Tantôt j'avais la tête dans les feuilles, les bras, les jambes, le dos.

Après ça, c'est sûr, c'est une question de... de délai là, ça fait combien de temps. Peut-être qu'il reste puis rien pis je vais être surpris. »

(Extrait de verbatim de l'entretien d'autoconfrontation)

Suite à la présentation des **résultats d'exposition qualitatifs** des deux tâches observées, certains producteurs ont fait des liens entre leur exposition lors de l'exécution de la tâche de préparation-remplissage et leur exposition lors de la tâche d'éclaircissage manuel :

« Moi c'est ça que je pense, c'est que ça vient de mes vêtements. Pis là, on est en fin de journée... je me suis pas changé pour aller arroser... Tu vois, ça ça m'inquiète plus (...) dans le sens que je passe la journée entière avec des pesticides sur moi.(...) C'est ça que ça veut dire là. C'est le seul son de cloche que ça m'a allumé là parce que là j'ai... j'ai pas manipulé aucun Imidan, aucun Success là. »

(Extrait de verbatim de l'entretien d'autoconfrontation)

Finalement, les **discussions** pendant l'**atelier d'échange** ont permis d'échanger autour des pratiques de prévention à mettre en place, par exemple, le retrait des vêtements de travail à la suite de la réalisation de la tâche ou lors des pauses repas :

« Producteur Cas 5 : Tu vas dîner le midi tu ne te changes pas là, tu rentres dans la maison, tu fais chauffer ton truc, tu fais ton sandwich, tu t'es lavé les mains, mais tu n'enlèves pas ton linge.

Producteur Cas 4 : Exactement !

Producteur Cas 8 : (...) Faudrait se changer dès qu'on a fini. Annexé à la cabane à pesticides, faudrait avoir une salle avec une douche puis une laveuse puis une sècheuse.

Producteur Cas 2 : Le midi quand je mange à la maison, c'est en bobette, j'enlève mon linge sur la galerie. Moi je fais ça à c't'heure ! »

(Extrait de verbatim de l'atelier d'échange)




Ainsi, cet exemple illustre le cheminement des producteurs dans leur prise de conscience de leur exposition. La méthodologie mise en place à initier une approche réflexive chez les producteurs au regard de leur activité de travail, des situations d'exposition aux pesticides et des pratiques à développer pour réduire leur exposition. Les échanges collectifs ont permis de constater la variabilité des actions faites par les producteurs concernant la gestion de leurs vêtements de travail. Les producteurs ont conclu entre eux qu'une pratique de prévention, parmi d'autres, serait de retirer les vêtements de travail après la réalisation de leurs tâches. Celle-là permettrait de réduire leur exposition et celle de leur environnement de travail et de vie.

4.4.4 Retour sur la méthodologie mixte

Comme le montrent les deux exemples présentés ci-dessus, la méthodologie a permis de faire émerger les pratiques de prévention pour les chercheurs et pour les producteurs.

Les étapes de collecte individuelle (Étapes 1, 2 et 3 du devis de recherche), soit les observations, les mesures d'exposition qualitatives, les entretiens postobservation et les entretiens d'autoconfrontation ont permis de recueillir de quatre à neuf pratiques de prévention par cas (Tableau 22).

Tableau 22. Nombre de pratiques de prévention observées et discutées avec les producteurs lors des étapes de collecte individuelle.

Pratique de prévention recensée (Pratiques rediscutées)	Cas	GROUPE 1				GROUPE 2				
		Cas 1	Cas 2	Cas 3	Cas 4	Cas 1bis	Cas 5	Cas 6	Cas 7	Cas 8
 Observées par les chercheurs		3	5	3	4	4	3	2	3	7
 Discutées en entretien postobservation		-	-	-	-	0	1 (1)	1	1	1 (1)
 Discutées en entretien d'autoconfrontation		2	(1)	2	(1)	5	1	2 (2)	3 (2)	1 (2)
Nombre par Cas		5	5	5	4	9	5	5	7	9

Note : les nombres entre () correspondent aux pratiques préalablement observées ou discutées.

Les observations et les entretiens d'autoconfrontation visaient directement la collecte de situations d'exposition et de pratiques de prévention, alors que les entretiens postobservation visaient à recueillir de l'information sur le caractère habituel du déroulement de l'activité de travail observée. Ainsi, peu de pratiques de prévention ont été recueillies dans le cadre des entretiens postobservation.

Les données du Tableau 22 montrent un nombre de pratiques de prévention légèrement supérieur auprès des participants du Groupe 2 (Cas 1bis à 8). Les entretiens d'autoconfrontation menés avec ces participants ont été réalisés avec leurs propres résultats de mesures d'exposition aux pesticides. Les producteurs ont pu construire des liens entre les supports vidéo et leurs résultats de mesure qualitatifs, leur permettant de mettre en visibilité des situations d'exposition, les amenant vers la verbalisation des pratiques de prévention.

Lors de l'atelier d'échange, sept nouvelles pratiques de prévention ont été discutées et neuf pratiques recensées lors de la collecte individuelle ont été partagées par les producteurs. L'atelier d'échange a permis aux producteurs participants d'échanger autour de seize pratiques de prévention.

Les producteurs mentionnent eux-mêmes la mise en visibilité de leur exposition dans le cadre de cette recherche ainsi que leur difficulté à la percevoir lors de leur activité :

« Ça m'a permis de constater (de faire partie de l'activité de recherche), je vais parler au « je » : je suis beaucoup plus exposé aux pesticides que je pensais »

« Tu sais des fois moi je pense que je me contamine là puis c'est peut-être pas vrai. Je me contamine là dans une place que je ne vois pas, ça je ne le sais pas, je ne le vois pas »

« Il y a beaucoup de chose que je peux faire de mieux pour diminuer mon exposition même si je ne sais pas trop à quoi je suis exposé »

(Extraits de verbatim de l'atelier d'échange)

Il est toutefois important de souligner que l'efficacité des pratiques de prévention n'a pas été démontrée, ce qui a été pris en compte dans la définition. Ainsi, il serait important de poursuivre les travaux de recherche sur l'efficacité des pratiques de prévention. Ce point a également été soulevé lors de l'atelier d'échange :

« Je vais peut-être regarder une idée que lui a fait (...) dans ma tête c'est mieux, mais finalement c'est peut-être pas ça. (...) »

(Extrait de verbatim de l'atelier d'échange)

4.5 Bibliothèques de situations d'exposition cutanée et des pratiques de prévention associées

Cette section répond au quatrième objectif de l'activité de recherche : Valider si la méthodologie mixte permet d'enrichir la bibliothèque des situations d'exposition cutanée aux pesticides identifiées lors de l'activité de recherche de Champoux *et al.* (2018), en lien avec les tâches de

préparation-remplissage et de travaux au verger, et les pratiques de prévention qui leur sont associées. Elle est basée sur l'Étape 4 du devis de recherche (section 3.5).

Les bibliothèques proposées dans ce rapport visent à synthétiser les situations d'exposition et les pratiques de prévention documentées pour les dix-neuf situations de travail observées (Tableau 23 à Tableau 29).

Dans les tableaux suivants, il est intéressant de noter que :

- plusieurs pratiques de prévention peuvent être associées à une même situation d'exposition;
- une pratique de prévention peut être associée à plusieurs opérations;
- les pratiques de prévention pourraient elles-mêmes entraîner d'autres situations d'exposition (lorsque c'est le cas, une note en rouge apparaît au tableau);
- outre les pratiques de prévention listées dans les tableaux, des pratiques transversales aux tâches ou aux étapes ont été observées. Ainsi, avant chaque tableau, un paragraphe présentera, s'il y a lieu, les pratiques transversales.

4.5.1 Bibliothèque de la tâche de préparation-remplissage

Les Tableau 23 à Tableau 28 présentent les situations observées lors de la tâche de préparation-remplissage et sont repartis selon les six étapes : utiliser les équipements de protection individuelle; préparer le tracteur et le pulvérisateur; mesurer les produits; insérer les produits dans la cuve du pulvérisateur; disperser les produits dans la cuve du pulvérisateur; ranger les contenants.

Lors de la tâche de préparation-remplissage, deux pratiques de prévention applicables à l'ensemble de la tâche ont été recueillies :

1. Utiliser des pratiques alternatives à l'utilisation des pesticides;
2. Pulvériser en plus concentré pour réduire le nombre de préparations;

(Voir les tableaux 24, 25, 26, 27 et 28 pour la suite des pratiques de prévention.)

Le Tableau 23 présente la première étape : utiliser les équipements de protection individuelle.

Tableau 23. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – utiliser les équipements de protection individuelle

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION (NR = Non recensée)
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
1 ²⁴	Utiliser le masque	Masque	Résidus	NR
2	Utiliser les gants	Gants	Résidus	NR
3	Se mouvoir (se gratter, tenir la combinaison, être en position d'attente)	Gants	Résidus	NR

²⁴ Les situations 1, 2 et 3 sont nouvelles par rapport à Champoux *et al.* (2018).

Le Tableau 24 illustre les situations d'exposition observées lors de l'étape de préparation du tracteur et du pulvérisateur.

Tableau 24. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage - préparer le tracteur et le pulvérisateur

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
4	Atteler le pulvérisateur au tracteur	Arbre de transmission	Résidus	3. Porter un vêtement de protection et des gants;
5	Ouvrir le couvercle du pulvérisateur	Cuve du pulvérisateur	Résidus	4. Ne pas s'appuyer contre la cuve; 5. Utiliser une caisse (marchepied) pour accéder au pulvérisateur; 6. Aménager un quai de chargement pour faciliter l'accès au pulvérisateur;
6	Approcher le boyau d'eau et l'insérer dans le pulvérisateur	Boyau d'eau	Résidus	7. Aménager une arrivée en eau fixe avec une valve à proximité du pulvérisateur (Boyau jamais en contact avec la bouillie); 8. Visser le boyau d'eau à la valve de fond de la cuve du pulvérisateur (Boyau jamais en contact avec la bouillie) (Contact possible avec le boyau lors de sa manipulation); 9. Insérer le boyau d'eau souple dans la petite ouverture centrale du couvercle pour qu'il tienne inséré dans le pulvérisateur (Contact possible avec le boyau lors de sa manipulation); 10. Ajouter un coude au bout du boyau souple pour qu'il tienne accroché dans le pulvérisateur (Contact possible avec le boyau lors de sa manipulation);

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
7	Manipuler la manette au poste de conduite du tracteur pour enclencher la circulation d'eau dans le pulvérisateur	Poste de conduite ou transfert des résidus présents sur la personne vers le poste de conduite	Résidus	NR
8 ²⁵	Mettre en route l'agitateur du pulvérisateur au début du remplissage en eau	Aérosolisation ou éclaboussure du reste de bouillie présente dans le panier du pulvérisateur	Résidus aérosolisés Résidus projetés	11. Attendre que l'agitateur soit couvert d'eau avant de le mettre en route;
9	Regarder dans la cuve du pulvérisateur	Cuve du pulvérisateur	Résidus	4. Ne pas s'appuyer contre la cuve; 5. Utiliser une caisse (marchepied) pour accéder au pulvérisateur; 6. Aménager un quai de chargement pour faciliter l'accès au pulvérisateur;
10	Mettre en route l'agitateur du pulvérisateur au début du remplissage en eau	Éclaboussure de bouillie	Résidus de bouillie	12. Arrêter le fonctionnement des buses avant de mettre en fonction le ventilateur du pulvérisateur (Contact avec le poste de conduite du tracteur);
11	Circuler autour du pulvérisateur lorsque le ventilateur du pulvérisateur est en fonction	Aérosolisation	Résidus	13. Arrêter le fonctionnement du ventilateur pendant la préparation-remplissage;
12	Nettoyer manuellement la jauge du pulvérisateur	Pulvérisateur	Résidus	NR
13	Nettoyer manuellement la prise d'air du ventilateur du pulvérisateur			

²⁵ Les situations 8, 9, 10, 11, 12 et 13 sont nouvelles par rapport à Champoux *et al.* (2018).

Le Tableau 25 illustre les situations d'exposition observées lors de l'étape de mesure des produits.

Tableau 25. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – mesurer les produits

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
14	Se déplacer dans l'entrepôt	Surfaces de travail Contenants Formulations	Résidus Formulation commerciale	14. Organiser l'entrepôt pour avoir les produits les plus utilisés à disposition;
15	Manutentionner des contenants (sac, bidon, sachet-hydrosoluble)	Contenant Formulation	Résidus Formulation commerciale	NR
16	Mesurer le volume des produits en poudre	Formulations aérosolisées Surfaces de travail	Formulation commerciale Résidus	15. Installer un ventilateur dans l'entrepôt à pesticide; 16. Se mettre à l'extérieur, dos au vent, pour transvider dans un contenant puis aller peser à l'intérieur; 17. Utiliser un seau plus grand que nécessaire 20 L au lieu de 10 L (<i>Ceci pourrait créer plus d'aérosolisation due à une plus grande hauteur de chute</i>); 18. Déposer le contenant mesureur sur une surface pour le rehausser par rapport au sol et diminuer la hauteur de chute pouvant occasionner des aérosolisations (<i>Surface instable pouvant occasionner des renversements</i>); 19. Couper une petite ouverture dans le sac; 20. Installer un contenant en plastique sur la table de travail afin de récupérer les déversements (<i>« Renversement » d'un couvercle collecteur - Contenant déplacé sur la table de travail-risque de renversement</i>); 21. Suite à l'ouverture d'un sac neuf, appuyer le sac contre un support pour éviter un renversement;

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
				22. Prélever de la poudre avec une petite pelle dans le sac avant de le prendre pour transvider dans un seau; 23. Mesurer par aspiration avec l'aide du système intégré du pulvérisateur en plaçant le contenant directement sur une balance (Chute de résidus se trouvant dans le boyau de l'aspirateur); 24. Transvider directement dans le pulvérisateur si la quantité présente dans le contenant correspond à la quantité nécessaire;
17	Mesurer le volume des produits en poudre qui s'agglutine	Sac Formulation commerciale Aérosolisation	Résidus Formulation commerciale	25. Casser les mottons avec le pied (Possibilité de déversement, de déchirure du sac); 26. Développer une stratégie d'entreposage (acheter au fur et à mesure, lieu sec);
18	Mesurer le volume des produits liquides	Éclaboussures	Formulation commerciale	27. Favoriser l'entrée d'air dans le bidon;
19	Transporter des produits liquides	Éclaboussures	Formulation commerciale	NR

Lors de l'étape d'insertion des produits dans le pulvérisateur (Tableau 26), quatre pratiques de prévention transversale ont été recueillies :

- 28. Choisir des pesticides moins moussants;
- 29. Ne pas s'appuyer contre la cuve;
- 30. Utiliser une caisse (marchepied) pour accéder au pulvérisateur;
- 31. Aménager un quai de chargement pour faciliter l'accès au pulvérisateur;

Tableau 26. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – insérer les produits dans le pulvérisateur

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
20	Verser des produits en granule/poudre	Formulations aérosolisées maintenues en suspension par le vent produit par le ventilateur	Formulation commerciale	32. Arrêter le ventilateur du pulvérisateur pendant la tâche de préparation-remplissage (Contact du producteur vers la cabine); 33. Insérer par aspiration (Chute de résidus se trouvant dans le boyau de l'aspirateur);
21	Verser des produits en granule/poudre alors que l'agitateur est en fonction	Formulations aérosolisées maintenues en suspension par le vent produit par l'agitateur	Formulation commerciale	34. Arrêter l'agitateur du pulvérisateur pendant la tâche de préparation-remplissage;
22	Transvaser des produits liquides ou prédilués dans le pulvérisateur	Éclaboussure	Formulation commerciale	35. S'appuyer contre la cuve du pulvérisateur pour limiter les déséquilibres lors de la manipulation des seaux (Occasionne contact avec pulvérisateur); 36. Verser produit liquide à côté du couvercle du diffuseur du fond du panier;

Lors de l'étape d'insertion des produits dans le pulvérisateur (Tableau 27) quatre pratiques de prévention transversale ont été recueillies :

- 37. Planifier l'ordre d'insertion des produits pour favoriser la dispersion;
- 38. Ne pas s'appuyer contre la cuve;
- 39. Utiliser une caisse pour accéder au pulvérisateur;
- 40. Aménager un quai de chargement pour faciliter l'accès au pulvérisateur;

Tableau 27. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – disperser les produits dans la cuve du pulvérisateur

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
23	Disperser le produit	Formulations aérosolisées Cuve du pulvérisateur Éclaboussures de bouillie	Formulation commerciale Résidus Bouillie	<p>41. Utiliser une spatule pour s'assurer de la qualité de la dispersion dans le panier, réduire le temps de dispersion et éviter le bouchage du filtre de la pompe du pulvérisateur;</p> <p>42. Faire une prédispersion dans un seau pour contrôler la qualité de la dispersion (Manipulation de seau lourde avec quantité de pesticide liquide. Risque d'éclaboussure);</p> <p>43. Ouvrir les sachets hydrosolubles pour éviter qu'ils bouchent le filtre de la pompe du pulvérisateur et réduire le temps de dispersion (Exposition aux aérosolisations);</p> <p>44. Enlever le panier du pulvérisateur pour éviter d'amalgamer les produits dans le panier (Risque de bouchage du filtre de la pompe du pulvérisateur);</p>
24	Compléter le remplissage et contrôler le niveau d'eau	Boyau d'eau Bouillie	Résidus Bouillie	<p>45. Utiliser le petit couvercle pour réduire le diamètre de l'ouverture de la cuve;</p>
25 ²⁶	Prévenir un déversement de bouillie	Bouillie	Bouillie	<p>46. Attendre que la mousse retombe;</p> <p>47. Ajuster le débit d'eau pour limiter la survenue de mousse;</p> <p>48. Utiliser un produit anti-mousse;</p> <p>49. Réfléchir l'ordre d'insertion des produits pour limiter la présence de mousse;</p> <p>50. Tasse la mousse à la main (Prévenir débordement, exposition à la bouillie);</p> <p>51. Utiliser le petit couvercle pour réduire le diamètre de l'ouverture de la cuve;</p>

²⁶ Nouvelle situation d'exposition par rapport à Champoux *et al.* (2018).

Le Tableau 28 illustre les situations d'exposition observées lors de l'étape de rangement des contenants.

Tableau 28. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Préparation-remplissage – ranger les contenants

SITUATIONS D'EXPOSITION				PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
26	Effectuer le triple rinçage	Boyau d'eau Cuve du pulvérisateur Éclaboussures de formulation restante dans les emballages Bouillie	Résidus Formulation commerciale Bouillie	52. Utiliser un débit d'eau faible au-dessus du pulvérisateur; 53. Utiliser un débit d'eau faible au-dessus du sol; 54. Plonger le contenant dans un seau d'eau (Risque de contact avec la formulation commerciale);
27 ²⁷	Enlever étiquette bidon après triple rinçage	Bidon	Formulation commerciale	NR
28	Fermer les sacs	Sacs Formulation aérosolisée	Résidus Formulation commerciale	NR

4.5.2 Bibliothèque de la tâche d'éclaircissage manuel

Le Tableau 29 illustre les situations d'exposition observées lors de la tâche d'éclaircissage manuel pour laquelle quatre pratiques de prévention transversale ont été recueillies :

- 55. Effectuer une cueillette sélective en deux temps;
- 56. Mettre des filets pour gérer la pollinisation;
- 57. Réduire le temps de pollinisation à 24/48 h;
- 58. Porter de vêtement à manche et jambe longues (voir le Tableau 29 pour la suite des pratiques de prévention);

²⁷ Nouvelle situation d'exposition par rapport à Champoux *et al.* (2018).

Tableau 29. Bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention associées – Éclaircissage manuel

	SITUATIONS D'EXPOSITION			PRATIQUES DE PRÉVENTION
	Opérations effectuées	Sources d'exposition	Type d'exposition	
29	Gérer ses vêtements de travail	Contact avec les vêtements de travail	Résidus Résidus de bouillie	59. Retirer ses vêtements dehors avant d'entrer dans la maison; 60. Se doucher après les travaux au verger; 61. Avoir une laveuse séparée de la famille.

4.5.3 Retour sur l'intérêt de la méthodologie mixte pour compléter la bibliothèque de Champoux et al. (2018)

Pour la tâche de préparation-remplissage dix-sept situations d'exposition proposées par Champoux *et al.* (2018) ont été validées et onze situations d'exposition nouvelles ont été notées. La méthode mixte a permis de lier des pratiques de prévention à plus de la moitié des situations d'exposition. Sur le total des vingt-huit situations d'exposition, dix situations comptent plusieurs pratiques de prévention. Huit autres situations, comptent une pratique de prévention. Pour les neuf situations restantes, aucune pratique n'a été discutée ou documentée. Par ailleurs, dix pratiques de prévention sont communes à plusieurs situations d'exposition.

Pour la tâche d'éclaircissage manuel, quatre pratiques de prévention transversales à la tâche d'éclaircissage et trois associées à la situation d'exposition de gestion des vêtements de travail ont été répertoriées.

Les deux bibliothèques construites à partir des résultats de la méthode mixte synthétisent l'ensemble des vingt-neuf situations d'exposition et des soixante et une pratiques de prévention à partir desquelles des actions pourraient être envisagées afin de favoriser la réduction de l'exposition cutanée aux pesticides.

5. DISCUSSION

5.1 La mesure de l'exposition aux pesticides en milieu de travail

L'exposition aux pesticides par la voie cutanée est ciblée comme importante dans la littérature (INSERM, Bierman *et al.*, 1998; Hansen, Schneider, Olive et Bates, 1978; 2013; Laughlin, 1996; Roberge *et al.*, 2004; Schneider *et al.*, 2000; Tsakirakis *et al.*, 2014). Afin de documenter l'exposition cutanée externe pour améliorer la santé et la sécurité des agriculteurs, différentes études ont évalué l'exposition cutanée aux pesticides en milieu de travail à partir de mesures externes (p. ex. : patch positionné sur différentes parties du corps, lavage de mains, traceurs fluorescents) (Fenske, 2005). Des études portent spécifiquement sur la mesure externe de l'exposition du corps à l'aide d'un vêtement collecteur (OCDE, 1997). Cette méthode a été utilisée, soit en portant le vêtement collecteur par-dessus la tenue normale des opérateurs afin de déterminer l'exposition cutanée potentielle (Berenstein *et al.*, 2017), correspondant ainsi au dépôt d'un contaminant sur les vêtements portés par les utilisateurs (Garzia *et al.*, 2018), soit en dessous de la tenue normale pour déterminer l'exposition cutanée réelle (Hugues *et al.*, 2006; Machera et Tsakirakis, 2009). Les vêtements collecteurs permettent d'obtenir, *a priori*, des résultats plus justes que ceux des patches qui ne couvrent qu'une portion de la région corporelle étudiée et nécessitent une extrapolation pour obtenir l'exposition globale (Machera *et al.*, 2003; Organisation de coopération et de développement économique, 1997; Soutar, Semple, Aitken et Robertson, 2000). Les vêtements collecteurs peuvent être faits de différents matériaux, dont le Tyvek® (Atabila *et al.*, 2017; Machera *et al.*, 2002), qui a été retenu dans cette recherche. Comme tout matériau collecteur, sa capacité de piégeage n'est pas parfaite pouvant ainsi sous-estimer les résultats. Elle a cependant été jugée satisfaisante par Atabila *et al.* (2017), Castro Cano, Martinez Vidal, Egea González, Martinez Galera et Cruz Marquez (2000) et Machera *et al.* (2003). Le choix de découpe (onze parties) fait dans cette recherche visait à identifier les zones corporelles exposées aux pesticides lors de l'activité de travail tout en respectant les recommandations du guide de l'OCDE (1997). L'habillage (endossement du vêtement) et le déshabillage (découpage) ont été accomplis de façon minutieuse dans un endroit propre, recouvert d'une bâche de plastique neuve, afin d'éviter la contamination du vêtement collecteur, de l'environnement et des personnes (producteurs et chercheurs). Autant le producteur que les chercheurs portaient des gants neufs afin de limiter la contamination du vêtement par leurs mains et se protéger des pesticides collectés sur le vêtement. Une méthodologie de découpage a été développée par l'équipe de recherche afin de retirer chacune des onze parties du vêtement collecteur sans les contaminer entre elles, aucune méthode aussi précise n'avait été recensée dans la littérature scientifique consultée lors de l'élaboration de cette recherche.

L'exposition aux pesticides en agriculture est souvent documentée lors de leur manipulation pendant la préparation-remplissage de la bouillie ou lors de la pulvérisation (Champoux *et al.*, 2018; Garrigou, Alain, 2011; Hines *et al.*, 2011; Tuduri *et al.*, 2016). Lors de ces tâches, outre les contacts directs avec la formulation commerciale (projection, aérosolisation, déversement), les producteurs peuvent entrer en contact avec des résidus de pesticides déposés dans l'environnement en touchant les emballages de pesticides entreposés, le matériel de pulvérisation ou les outils de mesure (Champoux *et al.*, 2018). Les contacts avec des résidus sont également possibles lors des travaux au verger, comme l'éclaircissage manuel (De Cock *et al.*, 1998; Samuel *et al.*, 2002). Ainsi, les tâches de préparation-remplissage et d'éclaircissage manuel ont été ciblées dans cette recherche afin de dresser un portrait de l'exposition aux pesticides. La

mesure de l'exposition lors de la tâche de préparation-remplissage permet de poursuivre le portrait de l'exposition débuté dans une étude antérieure (Champoux *et al.*, 2018). De plus, la tâche d'éclaircissage manuel était priorisée dans la présente recherche puisqu'elle a été décrite par les producteurs comme une tâche indispensable nécessitant de nombreuses heures de travail. Les tâches de pulvérisation et de nettoyage des équipements n'ont pas été ciblées dans cette recherche. Pour la pulvérisation, l'utilisation des tracteurs avec cabine permet de réduire l'exposition lorsqu'elles ont des systèmes de filtration adaptée et sont conçues pour garantir une pression positive (Association française de normalisation [AFNOR], 2017). Le nettoyage des équipements, selon les résultats des précédentes études (Champoux *et al.*, 2018; Tuduri *et al.*, 2016), est peu fréquemment réalisé par les producteurs et, par conséquent, il est difficile à observer. Cependant, il serait pertinent de mesurer spécifiquement l'exposition des producteurs lors de la réalisation de cette tâche et d'estimer l'efficacité du nettoyage (Ramwell, Johnson et Corns, 2006) pour développer des mesures de prévention adaptées.

La mesure de l'exposition, dans la littérature porte, la plupart du temps, soit un ou plusieurs pesticides en cours de manipulation lors de la tâche de préparation-remplissage de la bouillie ou bien ceux venant d'être pulvérisés, lors de travaux sur les délais de réentrée (Samuel *et al.*, 2002; Samuel *et al.*, 1999). Dans cette étude, la mesure visait à documenter l'exposition aux pesticides en cours d'utilisation, mais également aux résidus d'utilisations antérieures, qui ont peu été étudiés dans la littérature (Champoux *et al.*, 2018; Ramwell *et al.*, 2002, 2005). Ainsi à l'aide des résultats portant sur l'identification des pesticides les plus fréquemment utilisés par les pomiculteurs québécois (Tuduri *et al.*, 2016), des registres de pesticides recueillis lors d'une étude précédente (Champoux *et al.*, 2018) et de la liste de pesticides recommandés sur l'affiche de la Production fruitière intégrée 2017 (Chouinard et Pillion, 2017), quarante-cinq pesticides ont été retenus pour l'analyse des échantillons par le laboratoire.

La mesure de l'exposition a permis de détecter douze matières actives différentes sur le vêtement collecteur lors de la tâche de préparation-remplissage. Parmi ces matières actives détectées, seulement cinq ont été manipulées lors de la collecte de données alors que sept sont des résidus de pesticides antérieurement utilisés. Deux matières actives détectées n'avaient pas été utilisées par les producteurs depuis plusieurs années. De plus, pour chacune des observations, la matière active captane était présente même dans les situations où les producteurs ne manipulaient pas de captane. Les mesures d'exposition au captane diffèrent d'un producteur à l'autre, variant de 2 661 à 25 616 µg. Les résultats permettent d'identifier que la tête (sans le visage), le bras gauche et le dos sont les parties les moins exposées, alors que l'avant-bras gauche, le ventre et les membres inférieurs seraient les plus exposés. Toutefois, les parties du corps les plus exposées peuvent varier d'une situation observée à l'autre, comme le mentionne Fenske (1990).

D'après les registres de pesticides 2018, les pomiculteurs ont effectué en moyenne 83 préparations-remplissages entre fin avril et fin août 2018. Les producteurs participants utilisent en moyenne dix-sept matières actives différentes par année. Le captane (Supra® captan et Maestro®) est la formulation commerciale la plus utilisée par les producteurs participants, en termes de quantité et de fréquence. Pour trois des cinq producteurs, les préparations de captane représentent environ 50 % des préparations effectuées.

Une réévaluation du captane a été publiée par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire [ARLA], 2018) amenant des modifications à la quantité maximale de captane

utilisable par hectare, au nombre d'applications en 2020 et au type de formulation et d'emballage offert sur le marché. Le captane, vendu sous formulation poudre ou granule, sera désormais offert en sachet hydrosoluble. Dans cette étude, le phosmet, vendu en sachet hydrosoluble, a été utilisé par deux producteurs lors des mesures d'exposition. Cependant, une dégradation a été constatée lors de la réanalyse après stockage de certains extraits d'échantillons dilués et les voies de dégradation de ce composé sont insuffisamment caractérisées pour qu'une exploitation rigoureuse des données d'exposition soit menée. Ainsi, les résultats finaux pour cette matière active n'ont pas pu être présentés. Il serait intéressant d'effectuer des mesures d'exposition spécifiquement avec des pesticides vendus sous formats « sachet hydrosoluble » pour valider sa capacité réelle de réduction de l'exposition. Dans l'étude de (Champoux *et al.*, 2018) menée auprès des producteurs de pommes au Québec, les résultats présentent différentes stratégies d'utilisation des sachets hydrosolubles (ouverture des sachets, prédissolution, dissolution avec le couvercle du pulvérisateur fermé) visant à limiter leurs contraintes d'utilisation (temps de dissolution, bouchage de filtre). Ces pratiques de prévention sont également énoncées dans ce rapport (section 4.5. Bibliothèque de situations d'exposition cutanée et des pratiques de prévention associées).

Les données des registres de pesticides 2018 ont permis de pondérer la mesure d'exposition au captane (en µg) par la masse de captane utilisée. Ainsi, il semble que la valeur de captane mesurée n'est pas seulement liée à la quantité utilisée : une plus grande masse de captane utilisée par le producteur lors de la préparation-remplissage n'implique pas nécessairement une mesure de l'exposition cutanée plus élevée. Ceci est pourtant l'hypothèse retenue par l'ARLA (2002) dans ses tables d'exposition. Cette façon d'estimer l'exposition sous-entend que la source d'exposition à un pesticide est uniquement le pesticide utilisé, elle ne considère pas les résidus potentiellement présents dans l'environnement de travail par exemple. Tel qu'indiqué plus haut, la matière active captane a été mesurée même dans les situations où les producteurs ne manipulaient pas de captane. Les résultats des cinq frottis, réalisés de façon exploratoire sur trois pulvérisateurs et sur un boyau d'eau permettent de constater la diversité des matières actives et des valeurs mesurées sur les équipements utilisés par les pomiculteurs. Comme pour les vêtements collecteurs, les valeurs de captane sont supérieures aux autres matières actives mesurées.

Les valeurs d'exposition au captane pondérées par la masse de captane utilisée ont pu être comparées aux tables d'exposition de l'ARLA (2002). Les valeurs spécifiées par l'ARLA correspondent à une exposition cutanée réelle, donc mesurée par un dosimètre situé sous les vêtements portés par les producteurs. Un facteur de réduction de 75 % a donc été appliqué aux résultats d'exposition obtenus sur le vêtement collecteur de Tyvek® pour estimer l'exposition cutanée réelle en conditions normales de travail (un vêtement manches longues et un pantalon jambes longues), et afin de procéder à la comparaison. Ce facteur de protection est attribué par l'ARLA aux vêtements de protection simples comme un pantalon et une chemise à manche longue, une combinaison en coton ou un Tyvek®.

Par souci de simplification pour la comparaison, nous avons appliqué ce facteur de réduction sur l'ensemble des mesures d'exposition cutanée réalisées avec le Tyvek, même si certains producteurs ne portaient pas de vêtements à manches longues et de pantalons à jambes longues (voir 4.2.2.1).

Il apparaît alors malgré cette simplification, que l'ensemble des données d'exposition recueillies pour le captane sont supérieures à celles de l'ARLA d'un facteur variant de 1,9 à 8,9. Présenté autrement, cela signifie que pour se conformer aux données d'exposition de l'ARLA, il aurait fallu que les Tyvek® portés par les producteurs, représentant la protection recommandée sur les étiquettes de produit, les protègent à hauteur de 87-97 %. Spaan, Glass, Goede, Ruitter et Gerritsen-Ebben (2020) dans une récente synthèse de données expérimentales sur les vêtements de protection, rapportent une valeur médiane de migration à travers le Tyvek® de 11,3 % (équivalent à une protection de 88,7 %) et le 75^e percentile de migration à 14,2 % (équivalent à une protection de 85,8 %). Même avec ces valeurs plus favorables de facteur de protection, les valeurs d'exposition rapportées dans cette étude (en ug/kg) montrent une tendance de valeurs supérieures à celles des tables de l'ARLA. Il apparaît donc censé, sur la base de nos mesures, bien que peu nombreuses, de questionner la représentativité des tables d'exposition de l'ARLA, tant sur les vêtements effectivement portés, les facteurs de protection utilisés, que dans les sources d'exposition aux pesticides en conditions réelles de travail, comparativement aux mesures en milieu semi-contrôlé.

Concernant les résultats de mesures obtenus lors de la tâche d'éclaircissage manuel, cinq matières actives ont été détectées dont une n'avait pas été utilisée par le producteur en 2018 et 2017. Pour chacune des observations, l'ensemble des parties du vêtement portait des traces de pesticides, la tête et le dos semblent les parties les moins exposées. La matière active captane a été mesurée pour un total variant entre 1 072 et 26 028 µg. Ainsi, pour certains producteurs les mesures de l'exposition cutanée au captane sont plus élevées lors des travaux en verger que pendant la tâche de préparation-remplissage. De Cock *et al.* (1998) ont rapporté des valeurs de mesure d'exposition cutanée moins élevée lors des travaux au verger comparativement à l'utilisation des pesticides (préparation-remplissage et pulvérisation). Pour comparer les résultats obtenus, il serait donc pertinent de mener des mesures d'exposition pour les tâches de préparation-remplissage et de pulvérisation combinée.

Les mesures lors de la tâche d'éclaircissage ont été faites dans le respect des délais de réentrée. Elles ont été prises entre 2 à 25 jours après la dernière pulvérisation de captane, soit après le délai de réentrée prescrit sur les étiquettes des formulations commerciales, qui était de 48h après la pulvérisation en 2018. Dans la réévaluation du captane, le délai de réentrée a été allongé pour l'éclaircissage manuel. Il est passé à 15 jours pour les vergers à haute densité, « dont la largeur du couvert végétal par arbre ne dépasse pas 2 mètres (1 mètre pour atteindre le centre ou le tronc à partir de l'allée) » et à 24 jours pour les vergers n'ayant pas une densité élevée (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2018).

La quantité de pluie tombée depuis la dernière utilisation du captane se situait entre 3,5 et 64,8 millimètres. Les producteurs ont mentionné qu'à partir de 20 millimètres de pluie, le traitement du captane était considéré comme lessivé, ne permettant ainsi plus de garantir la protection des arbres contre la tavelure.

L'exposition aux pesticides lors de la tâche d'éclaircissage manuel semble quasiment continue lors des contacts du producteur avec l'arbre. La durée des observations a varié entre 19 et 63 minutes et les valeurs d'exposition entre 23 µg/min (46 min d'observation) à 651 µg/min (40 min d'observation). Les valeurs d'exposition mesurées ne sont pas liées uniquement à la durée des observations. Bien que De Cock *et al.* (1998) aient également mesuré l'exposition cutanée au

captane lors des travaux au verger, il semble difficile de comparer les résultats obtenus puisque la répartition des patches ne couvrirait pas l'ensemble des parties du corps.

Autant pour les tâches de préparation-remplissage que pour celle de l'éclaircissage manuel, les valeurs mesurées avec le vêtement collecteur représentent autant l'exposition mesurée de l'extérieur que de l'intérieur du vêtement. Outre la peau ou les cheveux, les vêtements pourraient être des sources d'exposition du vêtement collecteur. Il devient donc difficile de confirmer que l'exposition mesurée est uniquement celle de la tâche observée et pose la question de l'exposition des producteurs par leur vêtement de travail en dehors de la réalisation de leur tâche (Kissel et Fenske, 2000).

Les études recensées sur la mesure de l'exposition cutanée au captane rapportent des résultats difficilement comparables avec des méthodes de mesures variables (patches, vêtement collecteur porté en dessous ou par-dessus les vêtements de protection) et pour des tâches diverses (préparation-remplissage et pulvérisation, différents travaux au verger) ne facilitant pas le portrait de l'exposition des producteurs. Les études épidémiologiques rapportent toutefois des effets à la santé liés à l'utilisation des pesticides (Dreiher et Kordysh, 2006; Fritschi *et al.*, 2005; INSERM, 2013, 2019; Moisan et Elbaz, 2011; Parent *et al.*, 2009), dont le captane (Berthet, Heredia-Ortiz, Vernez, Danuser et Bouchard, 2012). Ainsi, il semble important de mettre en place des moyens pour protéger les producteurs agricoles. La portée de ceux-ci actuellement en place au Québec semble limitée (Tuduri *et al.*, 2016) et repose particulièrement sur l'utilisation des EPI. Cependant, la littérature québécoise et internationale fait état de nombreuses critiques sur les EPI : manque d'adaptation aux conditions du travail (gêne dans la gestuelle, dans la prise d'information, etc.), aux contraintes thermiques (Mohammed-Brahim, 2009; Mohammed-Brahim et Garrigou, 2009) et « absence de repères précis » sur leurs caractéristiques ou manque d'informations spécifiques sur les matériaux recommandés (Davillerd et Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles [INRS], Champoux *et al.*, 2018; 2001). Ainsi, ce contexte d'incertitude, quant aux moyens de prévention offerts aux agriculteurs, serait propice à encourager une meilleure compréhension de l'exposition pour la réduire à la source en limitant le contact entre l'utilisateur et les pesticides.

Schneider *et al.* (1999) ont développé un modèle de l'exposition cutanée. Leur modèle vise à comprendre le processus conduisant à l'exposition : le contaminant présent sur une surface ou dans l'air atteindrait la personne lorsqu'un procédé ou une action déplace le contaminant vers la personne. La personne, selon son comportement, influencerait directement le processus ou l'action jouant ainsi un rôle actif dans sa propre exposition. Galey (2019) et Judon (2017) ont abordé l'exposition par l'activité de travail, en développant une méthodologie mixte d'analyse de l'activité et de méthodes de mesures. D'autres études portent spécifiquement sur l'exposition cutanée aux pesticides en utilisant des méthodes de mesures par patches (Baldi *et al.*, 2006; Garrigou, Alain *et al.*, 2008), par traceurs fluorescents (Kahraman et Garrigou, 2014) ou par mesure biologique (Dupupet, Adjemian, Grillet et Garnier, 2010). Dans cette recherche, une des hypothèses portait sur l'intérêt de l'approche mixte, jumelant la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur et l'analyse de l'activité de travail, pour mieux comprendre l'exposition aux pesticides.

5.2 Comprendre les situations d'exposition aux pesticides : l'intérêt d'une approche mixte

Une situation d'exposition survient lorsqu'une personne en activité entre en contact avec un élément de son environnement de travail potentiellement porteur de pesticides (source d'exposition) (Galey *et al.*, 2019). Dans cette recherche, l'analyse des vidéos avait pour objectif de documenter les situations d'exposition au cours de l'activité de travail. Après avoir caractérisé le déroulement de l'activité de travail, les contacts entre les parties du corps et les sources d'exposition ont été observés. Ainsi, vingt et une sources d'exposition différentes ont été codées lors de l'analyse des vidéos. Pour cibler et décrire les situations d'exposition et leurs déterminants, un premier croisement a été réalisé entre les résultats de l'analyse des vidéos (observation des contacts entre les parties du corps et les sources d'exposition), des mesures qualitatives d'exposition (par partie du corps), des entretiens postobservation (possibles impacts du port du vêtement collecteur sur le déroulement de l'activité et perception des contacts vécus par le producteur avec son environnement de travail) et des registres (pesticides utilisés, nombre de préparations-remplissages par pesticides, date de la dernière utilisation, etc.). Le croisement des données a été réalisé par situation observée et a été effectué pour chacune des tâches : préparation-remplissage et éclaircissage manuel. Pour les travaux au verger, les observations directes lors des visites terrain ont permis de conclure que l'ensemble du corps entre en contact avec le feuillage. Ainsi pour cette tâche, l'analyse des vidéos n'a pas porté sur la comptabilisation des contacts. Un second croisement a été réalisé en utilisant les résultats quantitatifs d'exposition. Bien que différentes études, basées sur l'approche en ergotoxicologie, ont développé des méthodes permettant d'identifier des situations d'exposition (Champoux *et al.*, 2018; Galey, 2013, 2019; Garrigou, Alain, 2011; Judon, 2017; Judon, Hella, Pasquereau et Garrigou, 2015; Mohammed-Brahim et Garrigou, 2009; Sznalwar, 1992), dans cette recherche une méthodologie itérative d'analyse entre l'observation des contacts et des résultats de mesure a été mise en place. Dans les précédentes études dans lesquelles la mesure de l'exposition a été menée, les séquences vidéo et les résultats de mesure d'exposition aux nanoparticules (Galey, 2019) ou aux vapeurs de bitumes (Judon, 2017) ont été associés grâce à des instruments à lecture directe en utilisant la « *Video Exposure Monitoring* » (VEM) (Galey *et al.*, 2019). Dans la présente recherche, les limites inhérentes aux méthodes actuelles de mesure de l'exposition cutanée ne permettent pas d'obtenir de telles valeurs instantanées, à fine résolution temporelle, rendant la synchronisation des vidéos et des résultats de mesure de l'exposition plus complexe. Pour ces raisons, l'exposition du corps, à l'exception des mains et des pieds, a été mesurée. En effet, les mains et les pieds sont en contact permanent avec l'environnement (sol, équipements, outils, etc.) ou avec les produits et leur emballage, il serait difficile de lier leurs expositions à des moments ou à des opérations précises.

Afin d'aller plus loin dans le portrait des situations d'exposition, des entretiens d'autoconfrontation ont été menés. Les entretiens d'autoconfrontation visaient ainsi à faire verbaliser les producteurs sur le déroulement de l'activité de travail à partir des situations filmées choisies par l'équipe de recherche. Les producteurs ont été ainsi amenés à discuter de leur activité de travail et de leurs conditions de réalisation (Vermersch, 2019) afin de décrire les situations d'exposition. Dans un premier temps, les entretiens d'autoconfrontation ont permis aux producteurs de visionner des séquences vidéo de leur propre activité de travail à partir desquelles ils étaient invités à commenter librement les images, ce qui a permis de recueillir des précisions sur le déroulement de l'activité de travail. Par la suite, les résultats qualitatifs de mesures d'exposition individuelle

ont été présentés et les producteurs ont été invités à commenter ces résultats au regard des séquences vidéo présentées et de leur registre d'utilisation des pesticides 2017-2018. Cette étape innovante visait ainsi à recueillir des informations sur la présence de pesticides antérieurement utilisés dans l'environnement de travail et sur le vêtement porté. Concernant la tâche d'éclaircissage manuel, la méthode d'instruction au sosie (Clot, 2001) a été utilisée pour faire verbaliser les producteurs autour des méthodes de travail mises en place avant et pendant la réalisation de l'éclaircissage manuel, l'objectif étant d'identifier les déterminants influençant la tâche d'éclaircissage manuel. Pour les producteurs du Groupe 1, avec lesquels les mesures d'exposition n'avaient pas été réalisées, les données globales du Groupe 2 leur ont été présentées. Ils ont été invités à commenter les résultats et à les expliquer en regard de leur propre activité de travail. Ainsi, dans la présente recherche, la méthode d'autoconfrontation propre à l'ergotoxicologie, utilisant la VEM (Galey *et al.*, 2019), a été revisitée du fait de l'impossibilité de synchronisation des vidéos et des résultats de mesure. De plus, la méthodologie développée dans cette recherche s'est basée sur l'utilisation de six méthodes différentes : autoconfrontation, entretien de remise en situation par les traces matérielles, entretien de remise en situation à partir de traces de l'activité de travail, autoconfrontation de 2d niveau (Theureau, 2010), méthode de l'instruction au sosie (Clot, 2001) et alloconfrontation (Mollo et Falzon, 2004). Ces méthodes ont été appuyées par différents supports ou objets intermédiaires (Judon, 2017) : observables (séquences vidéo), traces matérielles (registre de pesticide) et traces de l'activité (mesure d'exposition) (Theureau, 2010).

Dans cette étude, l'hypothèse qu'une approche mixte (jumelant à la fois l'analyse de vidéo permettant d'identifier les contacts entre la personne et les sources possibles de contamination lors des tâches de préparation-remplissage et de travaux au verger, et la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur) permettrait de mieux comprendre les sources d'exposition a été validée. La méthodologie mixte a ainsi permis de documenter trente situations d'exposition pour les tâches de préparation-remplissage et d'éclaircissage manuel.

Les deux exemples, du Cas 1bis et du Cas 5 pour la tâche de préparation-remplissage du captane, présentés dans ce rapport permettent d'illustrer la variabilité de l'exposition au cours de l'activité de travail. Dans un premier temps lors de la mesure des produits, les contacts sont survenus avec les contenants de pesticides manipulés ou entreposés. Ensuite lors du démarrage du tracteur et de la mise en fonction de l'agitateur du pulvérisateur, des contacts ont été observés avec le poste de conduite du tracteur. Puis, lors de l'insertion et de la dispersion des pesticides, des contacts ont été observés avec des formulations aérosolisées lors de l'ouverture du couvercle du pulvérisateur, suite à la mise en fonction de l'agitateur, ou lors du passage à proximité du ventilateur. Des contacts avec la cuve du pulvérisateur ont été notés. Lors du remplissage en eau, des contacts avec le boyau d'eau ont aussi été notés. Finalement, lors du nettoyage des contenants, des contacts sont survenus avec la cuve du pulvérisateur lors du triple rinçage des contenants et des contacts avec les contenants de pesticides ont été observés lors du retrait du livret collé sur le contenant. Ainsi, la présence de captane mesurée semble provenir soit des contacts avec des équipements porteurs de résidus de captane, soit des contacts avec des aérosolisations. Concernant les matières actives qui n'ont pas été manipulées, comme le soulignent Arbuckle, Cole, Ritter et Ripley (2005), Berenstein *et al.* (2014), Marquart *et al.* (2003) et Ramwell *et al.* (2006), les contacts avec les contenants ou la cuve pourraient expliquer la présence de ces résidus sur le vêtement. Une autre hypothèse pourrait être le contact du corps avec les formulations aérosolisées lors du passage à proximité du ventilateur. Ainsi, les sources d'exposition ressortant de ces deux exemples varient selon l'étape de la préparation-remplissage.

Les parties du corps entrant en contact avec les sources d'exposition varient selon les deux producteurs. Pour le Cas 1bis, le ventre et les membres inférieurs sont les parties du corps le plus en contact avec des sources d'exposition alors que pour le Cas 5 ce sont les membres supérieurs et inférieurs du côté gauche, ainsi que le ventre et le dos. Pour les deux Cas, le corps entier a été exposé à des aérosolisations. Le lien entre la contamination des différentes parties du corps et le nombre de contacts associés est délicat à faire. En effet, les contacts avec les pesticides sous forme d'aérosols sont difficiles à repérer et à comptabiliser.

Dans les études portant sur la mesure de l'exposition lors de l'utilisation des pesticides, quelques éléments questionnent l'exposition (Garrigou, Alain, Baldi, Le Frious, Anselm et Vallier, 2011). La compréhension des situations d'exposition permet dans cette recherche de comprendre la manière dont survient l'exposition et par le fait même ouvre des possibilités pour agir sur une prévention à la source.

Concernant l'éclaircissage manuel, le corps entier entre en contact avec le feuillage. Le gabarit de l'arbre dépend du type de porte-greffe (nain, semi-nain, standard), de son cultivar (pomme d'été ou d'automne) et de l'entretien effectué par le producteur (taille, conduite de verger). La répartition des branches, leur densité et celle du feuillage demandent au producteur de rentrer plus ou moins profondément dans l'arbre, et influencent sa capacité à se mouvoir au travers des branches occasionnant un contact du corps avec le feuillage. Un concept utilisé par l'ARLA pour catégoriser les arbres est la profondeur du couvert végétal (distance entre le bord du feuillage et le tronc). Dans cette recherche, les producteurs ayant travaillé dans des arbres à haute densité, soit avec un couvert végétal de moins d'un mètre, ont des résultats de mesure parfois plus haut que ceux ayant travaillé dans des arbres à faible densité. Cependant, dans les recommandations de modification du délai de réentrée spécifique pour l'éclaircissage manuel présentées dans la réévaluation du captane, le délai de réentrée est plus court pour les arbres à haute densité (15 jours) que pour les arbres à faible densité (24 jours) (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 2018). Ainsi, il serait intéressant de pouvoir comparer les conditions expérimentales testées par l'ARLA avec les conditions réelles d'éclaircissage manuel pour discuter les résultats de mesure obtenus dans la présente recherche.

Pour cibler les sources d'exposition pertinentes à retenir, les frottis semblent une méthode intéressante. Ils ont permis de valider la présence de pesticides sur la cuve du pulvérisateur et le boyau pour quelques producteurs. Ainsi, la réalisation de frottis sur un plus grand nombre de sources d'exposition pourrait être intéressante pour valider la présence de résidus dans l'environnement de travail (Ramwell *et al.*, 2002). Une mesure des aérosols présents dans l'environnement de travail pourrait également servir à valider l'hypothèse de l'exposition par les aérosolisations (Schneider *et al.*, 1999). Ces deux types de données permettraient également de discuter de l'exposition des producteurs aux résidus de pesticides lors des préparations-remplissages observées. Il est important de noter que dans cette étude, les travaux n'ont pas porté sur les différents facteurs expliquant la quantité de matière active présente dans l'environnement de travail d'une part (Ramwell *et al.*, 2005) et d'autre part les mécanismes de transfert vers le producteur Schneider *et al.* (1999).

Ainsi, la méthodologie développée a permis un premier pas dans la compréhension de l'exposition en documentant les situations d'exposition. Pour agir sur ces situations, il sera nécessaire de cibler l'ensemble des déterminants (St-Vincent *et al.*, 2011) de ces situations. Ce

travail sera présenté dans le cadre de la thèse de Caroline Jolly. Toutefois, dans la présente recherche, la compréhension des situations d'exposition a été une étape préalable pour construire des outils favorisant le partage des pratiques de prévention entre les producteurs, visant la réduction des contacts avec les sources d'expositions.

5.3 Des situations d'exposition aux pratiques de prévention : quelle préparation pour faciliter le partage et les échanges

L'ergonomie au travers de l'analyse de l'activité s'intéresse aux savoir-faire développés par les travailleurs, leurs habiletés, les trucs de métier développés avec l'expérience (Ouellet, 2013; Ouellet et Vézina, 2008; St-Vincent *et al.*, 2011). Des savoir-faire, nommés par exemple savoir-faire de prudence, visant la protection du travailleur ont été discutés dans la littérature (Garrigou, Alain *et al.*, 2008; Garrigou, Alain., Peeters, Jackson, Sagory et Carballeda, 2004; Ouellet, 2013; Ouellet et Vézina, 2008; Sznalwar, 1992). En documentant les situations d'exposition, Champoux *et al.* (2018) et Galey (2019) ont fait émerger des savoir-faire liés à la prévention, qu'ils ont nommés pratiques de prévention. Cette recherche visait à poursuivre ce développement et à documenter spécifiquement les pratiques de prévention développées par les producteurs de pommes. Au total, soixante et une pratiques de prévention ont été recensées, dont cinquante-quatre pour la tâche de préparation-remplissage et sept pour l'éclaircissage manuel.

Les différentes étapes de la méthodologie mises en place ont permis de préparer les chercheurs et les producteurs à l'atelier d'échange. Dans un premier temps les observations ont permis aux chercheurs de cibler des situations d'exposition. Au travers des entretiens postobservations, les producteurs ont été questionnés sur le déroulement habituel des situations de travail observées, permettant aux chercheurs d'obtenir des informations complémentaires pour comprendre l'activité de travail. Les producteurs ont aussi été interrogés sur les possibles impacts du port du vêtement collecteur sur le déroulement de l'activité (p. ex. : se sentir plus protégé, être entravé dans ses mouvements) et leur perception des contacts vécus avec leur environnement de travail. Ainsi, pour les producteurs, répondre à ces questions a été une première étape dans leur prise de conscience de leur exposition.

Les résultats de mesure et l'analyse des entretiens postobservations ont permis de poursuivre le portrait des situations d'exposition et de construire des supports vidéo et de mesure d'exposition, nommés objet intermédiaire (Judon, 2017), utilisés dans les entretiens d'autoconfrontation.

Le déroulement des entretiens d'autoconfrontation visait à amener les producteurs à réfléchir sur leurs actions afin de décrire les situations d'exposition et les pratiques de prévention. Dans un premier temps, la présentation des séquences vidéo des situations d'exposition choisies par l'équipe de recherche a permis aux producteurs de verbaliser sur leur activité. Par la suite, les résultats qualitatifs de mesure et le retour aux séquences vidéo les ont amenés à prendre conscience de leur propre exposition et à susciter une réflexion sur leurs pratiques. La méthodologie développée pour mener les entretiens d'autoconfrontation a ainsi amené les producteurs vers un niveau analytique de leur activité (Theureau, 2010). Comme le mentionnent St-Vincent *et al.* (2011), les savoir-faire peuvent être automatisés et sont donc difficiles à faire émerger. De plus, Mohammed-Brahim (2009) associe la présence du contaminant à une « contrainte masquée » puisqu'il peut être difficile de le repérer. La méthodologie développée visait donc à rendre visible la présence des situations d'exposition cutanée pour faciliter la description des pratiques de prévention. Elle a initié une approche réflexive chez les producteurs

les plaçant dans une posture favorable au partage de leurs pratiques de prévention, visée par l'atelier d'échange (Clot *et al.*, 2000).

Lors de l'atelier d'échange, le visionnement des séquences vidéo a engendré des commentaires et des questionnements des producteurs, ouvrant ainsi les échanges entre les producteurs sur différentes situations d'exposition. Les échanges collectifs ont permis aux producteurs de constater la variabilité des actions faites pour une même opération. Les producteurs ont échangé entre eux sur les pratiques de prévention permettant de réduire leur exposition, ainsi que sur la contamination de leur environnement de travail et de leur milieu de vie. Seize pratiques de prévention ont été discutées par les producteurs, soit sept nouvelles pratiques de prévention et neuf pratiques recensées (Étape 1 et entretiens d'autoconfrontation de l'Étape 2).

La mise en place de l'atelier d'échange semblait essentielle aux partages des pratiques de prévention dans le contexte particulier des propriétaires participants à cette recherche, qui exploitent des microentreprises où le collectif de travail restreint offre peu de possibilités d'échanges d'expérience (Champoux et Brun, 2010) favorable pour le développement des pratiques de prévention (Perry, Marbella et Layde (2000). De plus, l'implication des producteurs dans la construction de moyens de prévention, correspondant à leur condition réelle de travail, favorise leur appropriation (Galvin, Krenz, Harrington, Palmandez et Fenske, 2016).

Ainsi, l'ensemble des étapes de la méthodologie mixte a été primordial pour permettre aux pomiculteurs de décrire et de partager entre eux leurs pratiques de prévention.

6. CONCLUSION

Ce rapport de recherche présente le développement d'une méthodologie permettant de documenter les situations d'exposition cutanée aux pesticides présents dans l'environnement de travail et les pratiques de prévention associées. Le devis méthodologique élaboré a permis de répondre aux quatre sous-objectifs énoncés. La mesure de l'exposition cutanée réalisée à l'aide d'un Tyvek® (vêtement collecteur) et d'une liste de quarante-cinq pesticides, a servi à quantifier la présence des matières actives sur chacune des onze parties du vêtement. Ces résultats obtenus avec un petit nombre d'observations révèlent un niveau d'exposition élevé, qui devra être confirmé. L'approche mixte, jumelant à la fois l'analyse de l'activité de travail et la mesure d'exposition cutanée à l'aide d'un vêtement collecteur, a permis d'identifier les contacts entre les producteurs et les sources d'exposition. La méthodologie développée a permis un premier pas dans la compréhension de la survenue de l'exposition en documentant les situations d'exposition. La compréhension des situations d'exposition a été une étape préalable pour construire des outils utilisés lors des entretiens d'autoconfrontation. Les outils ou objets intermédiaires (résultats de mesures d'exposition, séquences vidéo et registre d'utilisation des pesticides) visaient ainsi à recueillir des informations sur la présence de pesticides antérieurement utilisés dans l'environnement de travail et sur le vêtement porté. La méthode d'autoconfrontation propre à l'ergotoxicologie, utilisant la VEM (Galey *et al.*, 2019), a ainsi été revisitée. L'atelier d'échange a permis aux pomiculteurs, exploitant des microentreprises où le collectif de travail restreint offre peu de possibilités d'échanges d'expérience, de décrire et de partager leurs pratiques de prévention. Les producteurs, à partir des supports vidéo et des résultats d'exposition, ont échangé entre eux sur les pratiques de prévention permettant de réduire leur exposition, ainsi que sur la contamination de leur environnement de travail et de leur milieu de vie. La méthodologie développée a initié une approche réflexive chez les producteurs les plaçant dans une posture favorable au partage de leurs pratiques de prévention. La bibliothèque proposée dans ce rapport synthétise les situations d'exposition et les pratiques de prévention à partir desquelles des actions pourraient être envisagées afin de favoriser la réduction de l'exposition cutanée aux pesticides.

Ce portrait de l'exposition, obtenu avec seulement huit cas, soulève l'importance de mettre en place de moyens pour prévenir l'exposition. Les situations d'exposition recueillies semblent provenir soit des contacts avec des équipements porteurs de résidus tels que les contenants ou la cuve du pulvérisateur, soit des contacts avec des aérosolisations survenant lors de situations de travail variées (mesure, insertion, ajustement de contrôle, etc.). Ces résultats justifient l'importance de la prise en compte de l'activité de travail réelle des producteurs dans le développement des moyens de prévention actuellement en place au Québec, reposant particulièrement sur l'utilisation des EPI. La compréhension des situations d'exposition permet dans cette recherche de comprendre la manière dont survient l'exposition et par le fait même ouvre des possibilités pour agir sur une prévention à la source.

Les résultats nous amènent à proposer des pistes de recherche :

- les sachets hydrosolubles, critiqués par les producteurs, semblent de plus en plus répandus. Il serait intéressant d'effectuer des mesures d'exposition spécifiquement avec des pesticides vendus sous formats « sachet hydrosoluble » pour valider la capacité réelle de réduction de l'exposition;
- au vu du questionnement de la représentativité des tables d'exposition de l'ARLA, il serait intéressant de comparer spécifiquement les résultats obtenus dans des conditions expérimentales semi-contrôlées de l'ARLA à des résultats issus d'études terrain menées en condition réelle de travail;
- pour agir d'une part sur les situations d'exposition et pour soutenir par ailleurs le développement des pratiques de prévention, il est nécessaire de poursuivre le recueil des déterminants afin de cibler des leviers;
- il serait également intéressant de poursuivre l'approche réflexive en se questionnant dans des recherches ultérieures sur les conditions propices à offrir aux producteurs pour atteindre un niveau analytique de leur activité.

Certaines limites permettent également de soumettre des pistes de recherche :

- la recherche ayant été menée auprès d'un petit échantillon, il serait nécessaire de poursuivre la collecte de données avec un nombre plus important de cas, en pomiculture ou dans d'autres secteurs agricoles, afin d'augmenter la bibliothèque de situations d'exposition et de pratiques de prévention;
- l'efficacité des pratiques de prévention mises à jour n'a pas été démontrée. Le concept de « pratique de prévention » défini dans ce rapport (3.3.4) tient d'ailleurs compte d'une certaine incertitude à ce sujet : des actions qui permettraient, sans en être nécessairement directement l'objectif initial, une réduction de contact entre le producteur et les sources d'exposition, résultant en une diminution potentielle de l'exposition cutanée aux pesticides;
- la mesure de l'exposition externe potentielle ne permet pas de lier la présence des pesticides à la contamination de l'organisme. Ainsi, l'utilisation de la mesure biologique permettrait de valider si l'exposition entraîne la contamination de l'organisme;
- le lien entre la contamination des différentes parties du corps et le nombre de contacts associés est délicat à faire. En effet, les contacts avec les pesticides sous forme d'aérosols sont difficiles à comptabiliser. Une mesure des aérosols présents dans l'environnement de travail pourrait également servir à valider l'hypothèse de l'exposition par les aérosolisations. La réalisation de frottis sur un plus grand nombre de sources d'exposition pourrait être intéressante pour valider la présence de résidus dans l'environnement de travail. Ces deux types de données permettraient également de discuter de l'exposition des producteurs aux résidus de pesticides lors des préparations-remplissages observées.

Pour conclure, il serait nécessaire de poursuivre les travaux de recherche sur la caractérisation de l'exposition en développant des projets de recherche appliquée interdisciplinaire utilisant des méthodologies mixtes visant à réduire à la source le contact entre l'utilisateur et les pesticides. Ceci permettrait de continuer à construire avec les producteurs des moyens de prévention correspondant à leurs conditions réelles de travail, renforçant leur appropriation et permettant la poursuite du développement des pratiques de prévention et plus globalement de l'approche de prévention de l'exposition au risque professionnel pesticide au Québec.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. (2002). *Canadian PHED tables, final version*. Ottawa, ON: ARLA.
- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. (2018). *Décision de réévaluation : RVD2018-12 : captane et préparations commerciales connexes*. Ottawa, ON: ARLA
- Arbuckle, T. E., Cole, D. C., Ritter, L. et Ripley, B. D. (2005). Biomonitoring of herbicides in Ontario farm applicators. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 31(1), 90-97.
- Association française de normalisation. (2017). *Tracteurs agricoles et pulvérisateurs automoteurs : protection de l'opérateur (conducteur) contre les substances dangereuses. Partie 1, classification des cabines, exigences et méthodes d'essais, Norme AFNOR NF EN 15695-1*. La Plaine Saint-Denis, France: AFNOR.
- Atabila, A., Tri Phung, D., Hogarh, J. N., Osei-Fosu, P., Sadler, R., Connell, D. et Chu, C. (2017). Dermal exposure of applicators to chlorpyrifos on rice farms in Ghana. *Chemosphere*, 178, 350-358. doi : [10.1016/j.chemosphere.2017.03.062](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.062)
- Baldi, I., Lebailly, P., Jean, S., Rougetet, L., Dulaurent, S. et Marquet, P. (2006). Pesticide contamination of workers in vineyards in France. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 16(2), 115-124. doi:10.1038/sj.jea.7500443
- Baribeau, C. et Germain, M. (2010). L'entretien de groupe : considérations théoriques et méthodologiques. *Recherches qualitatives*, 29(1), 28-49.
- Berenstein, G. A., Hugues, E. A., March, H., Rojic, G., Zalts, A. et Montserrat, J. M. (2014). Pesticide potentiel dermal exposure during the manipulation of concentrated mixtures at small horticultural and floricultural production units in Argentina: The formulation effect. *Science of the Total Environment*, 472, 509-516. doi: [10.1016/j.scitotenv.2013.11.071](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.071)
- Berenstein, G. A., Nasselo, S., Beiguel, É., Flores, P., Di Schiena, J., Hugues, E. A., . . . Montserrat, J. M. (2017). Human and soil exposure during mechanical chlorpyrifos, myclobutanil and copper oxychloride application in a peach orchard in Argentina. *Science of the Total Environment*, 586, 1254-1262. doi: [10.1016/j.scitotenv.2017.02.129](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.129)
- Berthet, A., Heredia-Ortiz, R., Vernez, D., Danuser, B. et Bouchard, M. (2012). A detailed urinary excretion time course study of captan and folpet biomarkers in workers for the estimation of dose, main route-of-entry and most appropriate sampling and analysis strategies. *Annals of Occupational Hygiene*, 56(7), 815-828. doi: 10.1093/annhyg/mes011
- Bierman, E. P. B., Brouwer, D. H. et Van Hemmen, J. J. (1998). Implementation and evaluation of the fluorescent tracer technique in greenhouse exposure studies. *Annals of Occupational Hygiene*, 42(7), 467-475.
- Bouchard, M., Côté, J. et Khemiri, R. (2019). *La lambda-cyhalothrine comme insecticide en milieu agricole : étude de la toxicocinétique de biomarqueurs pour le suivi de l'exposition des travailleurs* (Rapport n° R-1043). Montréal, QC: IRSST.
- Castro Cano, M. L., Martinez Vidal, J. L., Egea González, F. J., Martinez Galera, M. et Cruz Marquez, M. (2000). Gas chromatographic method and whole body dosimetry for assessing dermal exposure of greenhouse applicators to chlorpyrifos-methyl and fenitrothion. *Analytical Chimica Acta*, 423(1), 127-136.
- Champoux, D. et Brun, J.-P. (2010). Dispositions, capacités et pratiques de SST dans les petites entreprises : opinions de patrons, d'employés et d'intervenants en SST au Québec. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 12(2). doi: 10.4000/pistes.2525

- Champoux, D., Jolly, C., Beaugrand, S. et Tuduri, L. (2018). *Prévention de l'exposition cutanée aux pesticides chez les producteurs de pommes et facteurs influençant le port des vêtements de protection* (Rapport n° R-1021). Montréal, QC: IRSST.
- Champoux, D. et Prud'homme, P. (2017). *Analyse comparative du contexte de travail et portrait statistique des problèmes de santé et sécurité au travail en fonction de la taille des entreprises* (Rapport n° R-986). Montréal, QC: IRSST.
- Chouinard, G. et Phillion, V. (2017). Affiche Production fruitière intégrée 2017. Tiré de <https://www.agrireseau.net/reseaupommier/documents/94897/affiche-production-fruitiere-integree-2017>
- Clot, Y. (2001). Clinique du travail et action sur soi. Dans J.-M. Baudouin et J. Friedrich (Édit.), *Théories de l'action et éducation* (p. 255-277). Bruxelles, Belgique: De Boeck Supérieur.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G. et Scheller, L. (2000). Entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 2(1). doi: 10.4000/pistes.3833
- Davillerd, C. (2001). *Prévention et port des équipements de protection individuelle : 4 : l'utilisation de produits phytosanitaires* (Rapport n° NS 213). Paris, France: INRS.
- De Cock, J., Heederik, D., Boleij, J. S., Kromhout, H., Hoek, F., Wegh, H. et Ny, E. T. (1998). Exposure to captan in fruit growing. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 59(3), 158-165. doi: 10.1080/15428119891010415
- Dreiher, J. et Kordysh, E. (2006). Non-Hodgkin's lymphoma and pesticide exposure : 25 years of research. *Acta Haematologica*, 116(3), 153-164.
- Duguay, P., Busque, M.-A. et Boucher, A. (2012). *Indicateurs annuels de santé et de sécurité du travail pour le Québec : étude de faisabilité (version révisée)* (Rapport n° R-725). Montréal, QC: IRSST.
- Dupupet, J. L., Adjemian, A., Grillet, J. P. et Garnier, R. (2010). Étude d'ergoexpologie aux fongicides dithiocarbamates auprès de professionnels de trois secteurs agricoles. *Archives des maladies professionnelles et de l'environnement*, 71(4), 638-643.
- EU Reference Laboratory for Pesticides Requiring Single Residue Methods. (2017). *Quantification of residues of folpet and captan in QuEChERS extracts*. Tiré de https://www.eurl-pesticides.eu/userfiles/file/EurlSRM/meth_CaptanFolpet_EurlSRM.pdf
- Fenske, R. A. (1990). Nonuniform dermal deposition patterns during occupational exposure to pesticides. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 19(3), 332-337.
- Fenske, R. A. (2005). State-of-the-art measurement of agricultural pesticide exposures. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 31(1), 67-73.
- Fortin, M. F. et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives* (3^e éd.). Montréal, QC: Chenelière éducation.
- Fritschi, L., Benke, G., Hughes, A. M., Kricker, A., Turner, J., Vajdic, C. M., . . . Armstrong, B. K. (2005). Occupational exposure to pesticides and risk of non-Hodgkin's lymphoma. *American Journal of Epidemiology*, 162(9), 849-857.
- Fryer, V., Beaudoin, S., Lebel, G., Bélair, G., St-Onge, M., Cambron-Goulet, É. et Hao Dao, H. (2019). Portrait des appels au Centre antipoison du Québec de 2013 à 2015 par catégorie de pesticides : pertinence et implications. *Bise : Bulletin d'information en santé environnementale*. Tiré de <https://www.inspq.qc.ca/bise/portrait-appels-centre-antipoison-quebec-categorie-pesticides-pertinence-implications>
- Galey, L. (2013). *Incertitude face au risque dans l'innovation : vers la genèse des pratiques de sécurité : le cas de l'usage des nanomatériaux*. (Mémoire de maîtrise, Université de Bordeaux, Bordeaux, France).




- Galey, L. (2019). *Comprendre les situations d'exposition aux nanoparticules par l'intégration de l'activité de travail à la mesure : vers une construction de la prévention*. (Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, France).
- Galey, L., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Morelot, S., Albert, M., . . . Garrigou, A. (2019). Proposition méthodologique en ergotoxicologie pour révéler les expositions à des produits chimiques. *Activités*, 16(1). doi: 10.4000/activites.4103
- Galvin, K., Krenz, J., Harrington, M., Palmandez, P. et Fenske, R. A. (2016). Practical solutions for pesticide safety: A farm and research team participatory model. *Journal of Agromedicine*, 21(1), 113-122.
- Garrigou, A. (2011). *Le développement de l'ergotoxicologie : une contribution de l'ergonomie à la santé au travail*. (Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Bordeaux 2, Bordeaux, France).
- Garrigou, A., Baldi, I. et Dubuc, P. (2008). Apports de l'ergotoxicologie à l'évaluation de l'efficacité réelle des EPI devant protéger du risque phytosanitaire : de l'analyse de la contamination au processus collectif d'alerte. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 10(1). doi: 10.4000/pistes.2137
- Garrigou, A., Baldi, I. et Jackson, M. (2012). The use of pesticides in French viticulture: A badly controlled technology transfer! *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41(S1), 19-25. doi: 10.3233/WOR-2012-0130-19
- Garrigou, A., Baldi, I., Le Frious, P., Anselm, R. et Vallier, M. (2011). Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. *Applied Ergonomics*, 42(2), 321-330. doi: 10.1016/j.apergo.2010.08.001
- Garrigou, A., Peeters, S., Jackson, M., Sagory, P. et Carballeda, G. (2004). Apports de l'ergonomie à la prévention des risques professionnels. Dans P. Falzon (Édit.), *Ergonomie* (p. 497-514). Paris, France: PUF.
- Garzia, N. A., Spinelli, J. J., Gotay, C. C. et Teschke, K. (2018). Literature review: Dermal monitoring data for pesticide exposure assessment of farm workers. *Journal of Agromedicine*, 23(3), 187-214.
- Groupe AGÉCO. (2019). Étude sectorielle de la production agricole au québec, volet main-d'œuvre. : Agricarrières, Comité sectoriel de main-d'oeuvre de la production agricole.
- Hansen, J. D., Schneider, B. A., Olive, B. M. et Bates, J. J. (1978). Personnel safety and foliage residue in an orchard spray program using Azinphosmethyl and Captan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 7(1), 63-71.
- Hines, C. J., Deddens, J. A., Coble, J., Kamel, F. et Alavanja, M. C. R. (2011). Determinants of captan air and dermal exposures among orchard pesticide applicators in the agricultural health study. *Annals of Occupational Hygiene*, 55(6), 620-633. doi: 10.1093/annhyg/mer008
- Hugues, E. A., Zalts, A., Ojeda, J. J., Flores, A. P., Glass, R. C. et Montserrat, J. M. (2006). Analytical method for assessing potential dermal exposure to captan, using whole body dosimetry, in small vegetable production units in Argentina. *Pest Management Science*, 62(9), 811-818. doi : [10.1002/ps.1232](https://doi.org/10.1002/ps.1232)
- Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2016). *Principales statistiques relatives aux petites entreprises*. Tiré de [https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/vwapi/PSRPE-KSBS Juin-June 2016 fra-V3.pdf/\\$file/PSRPE-KSBS Juin-June 2016 fra-V3.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/vwapi/PSRPE-KSBS Juin-June 2016 fra-V3.pdf/$file/PSRPE-KSBS Juin-June 2016 fra-V3.pdf)
- Institut national de la santé et de la recherche médicale. (2013). *Pesticides : effets sur la santé*. Paris, France: Inserm.

- Institut national de la santé et de la recherche médicale. (2019). *Exposition aux pesticides et au chlordécone: risque de survenue d'un cancer de la prostate*. Paris, France: Inserm.
- Judon, N. (2017). *Rendre possible un espace intermédiaire de dialogue pour coconstruire de nouvelles solutions de prévention dans un contexte d'incertitude : cas des travaux de revêtements routiers*. (Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, Bordeaux, France).
- Judon, N., Hella, F., Pasquereau, P. et Garrigou, A. (2015). Vers une prévention intégrée du risque chimique lié à l'exposition cutanée au bitume des travailleurs de la route : élaboration d'une méthodologie dans le cadre de l'ergotoxicologie. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 17(2). doi: 10.4000/pistes.4586
- Kahraman, U. et Garrigou, A. (2014). *Enjeux de l'analyse du travail pour une prévention efficace du risque pesticide : exemple des élevages d'ovins*. Communication présentée à 45^e congrès annuel de l'ACE, Montréal, QC.
- Kissel, J. et Fenske, R. A. (2000). Improved estimation of dermal pesticide dose to agricultural workers upon re-entry *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15(3), 284-290. doi: 10.1080/104732200301601
- Laughlin, J. (1996). Protective clothing for professional pesticide users. Dans K. B. Wildey (Édit.), *Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests* (p. 45-56). Édinburgh, Ecosse: Organising Committee.
- Lavoué, J. et Deadman, J. E. (2004). Enquête approfondie en hygiène du travail : stratégies d'évaluation de l'exposition et d'interprétation des données. Dans S. Garneau (Édit.), *Manuel d'hygiène du travail*. Mont-Royal, QC: Modulo-Griffon.
- Lioy, P. J., Lebre, E., Spengler, J., Brauer, M., Buckley, T., Freeman, N., . . . Zmirou-Navier, D. (2005). Defining exposure science. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 15, 463. doi: 10.1038/sj.jea.7500463
- Machera, K., Goumenou, M., Kapetanakis, E., Kalamarakis, A. et Glass, R. C. (2003). Determination of potential dermal and inhalation operator exposure to malathion in greenhouses with the whole body dosimetry method. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(1), 61-70. doi: 10.1093/annhyg/mef097
- Machera, K., Kapetanakis, E., Charistou, A., Goumenaki, E. et Glass, R. C. (2002). Evaluation of potential dermal exposure of pesticide spray operators in greenhouses by use of visible tracers. *Journal of Environmental Science and Health*, 37(2), 113-121.
- Machera, K. et Tsakirakis, A. (2009). Dermal exposure of pesticide applicators as a measure of overall performance under field conditions. *Annals of Occupational Hygiene*, 53(6), 573-584.
- Marquart, J., Brouwer, D. H., Gijssbers, J. H. J., Links, I. H. M., Warren, N. et Van Hemmen, J. J. (2003). Determinants of dermal exposure relevant for exposure modelling in regulatory risk assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(8), 599-607. doi: 10.1093/annhyg/meg096
- Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2019). *Bilan des ventes de pesticides au Québec 2017*. Québec, QC: MELCC.
- Mohammed-Brahim, B. (2009). Travailler en présence de substances toxiques : un corps à corps quotidien. *Corps*, 6(1), 53-59.
- Mohammed-Brahim, B. et Garrigou, A. (2009). Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique : l'apport de l'ergotoxicologie. *Activités*, 6(1), 49-67.
- Moisan, F. et Elbaz, A. (2011). Maladie de Parkinson et exposition aux pesticides. *Environnement, risques & santé*, 10(5), 372-384. doi: 10.1684/ers.2011.0482

- Mollo, V. et Falzon, P. (2004). Auto- and allo-confrontation as tools for reflective activities. *Applied Ergonomics*, 35(6), 531-540.
- Ng, M. G., Stjernberg, E., Koehoorn, M., Demers, P. A. et Davies, H. W. (2011). Exposure to pesticides and metal contaminants of fertilizer among tree planters. *Annals of Occupational Hygiene*, 55(7), 752-763. doi: 10.1093/annhyg/mer029
- Organisation de coopération et de développement économique. (1997). *Guidance document for the conduct of studies of occupational exposure to pesticides during agricultural application*. Paris, France: OCDE.
- Ouellet, S. (2013). Contribution de l'ergonomie à la conception d'un outil de formation. *Activités*, 10(2). doi: 10.4000/activites.690
- Ouellet, S. et Vézina, N. (2008). *Analyse des gestes et savoir-faire : réflexions méthodologiques et considérations pratiques pour la formation au travail et la prévention des TMS*. Communication présentée au 2^e Congrès francophone sur les troubles musculosquelettiques : de la recherche à l'action, Montréal, QC.
- Parent, M.-É., Désy, M. et Siemiatycki, J. (2009). Does exposure to agricultural chemicals increase the risk of prostate cancer among farmers?. *McGill Journal of Medicine*, 12(1), 70-77.
- Perry, M. J., Marbella, A. M. S. et Layde, P. M. (2000). Association of pesticide safety knowledge with beliefs and intentions among farm pesticide applicators. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 42(2), 187-193.
- Prud'homme, P., Labrèche, F., Mathieu, A. et Krishnan, K. (2020). *Effets sanitaires des pesticides agricoles les plus vendus au Québec : rapport d'expertise QR-1104*. Montréal, QC: IRSST.
- Loi sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ, c. S-2.1.
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., Boxall, A. B. A. et Rimmer, D. A. (2002). *Exposure to pesticide residues on agricultural spraying equipment*. Sudbury, Angleterre: HSE.
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., Boxall, A. B. A. et Rimmer, D. A. (2004). Pesticide residues on the external surfaces of field-crop sprayers: Environmental impact. *Pest Management Science*, 60(8), 795-802. doi: 10.1002/ps.870
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D., Boxall, A. B. A. et Rimmer, D. A. (2005). Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: Occupational exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(4), 345-350.
- Ramwell, C. T., Johnson, P. D. et Corns, H. (2006). Transferability of six pesticides from agricultural sprayer surfaces. *Annals of Occupational Hygiene*, 50(3), 323-329.
- Roberge, B., Deadman, J. E., Legris, M., Ménard, L. et Baril, M. (2004). *Manuel d'hygiène du travail : du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*. Mont-Royal, Qc: Modulo-Griffon.
- Samuel, O., St-Laurent, L., Dumas, P., Langlois, E. et Gingras, G. (2002). *Pesticides en milieu serricole : caractérisation de l'exposition des travailleurs et évaluation des délais de réentrée* (Rapport n° R-315). Montréal, QC: IRSST.
- Samuel, O., St-Laurent, L., Ferron, L. A., Guillot, J.-G. et Weber, J.-P. (1999). *Proposition et validation de critères de détermination de délais de réentrée pour les pesticides utilisés en agriculture maraîchères* (Rapport n° R-222). Montréal, QC: IRSST.
- Schneider, T., Cherrie, J. W., Vermeulen, R. et Kromhout, H. (2000). Dermal exposure assessment. *Annals of Occupational Hygiene*, 44(7), 493-499.
- Schneider, T., Vermeulen, R., Brouwer, D. H., Cherrie, J. W., Kromhout, H. et Fogh, C. L. (1999). Conceptual model for assessment of dermal exposure. *Occupational & Environmental Medicine*, 56(11), 765-773.

- Soutar, A., Semple, S., Aitken, R. J. et Robertson, A. (2000). Use of patches and whole body sampling for the assessment of dermal exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 44(7), 511-518. doi: 10.1093/annhyg/44.7.511
- Spaan, S., Glass, R. C., Goede, H., Ruiter, S. et Gerritsen-Ebben, R. M. G. (2020). Performance of a single layer of clothing or gloves to prevent dermal exposure to pesticides. *Annals of Work Exposures and Health*, 64(3), 311-330. doi: 10.1093/annweh/wxaa002
- St-Vincent, M., Denis, D., Imbeau, D. et Ouellet, F. (2007). Apport de diverses sources de données à la réalisation d'une intervention ergonomique. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, 9(1). doi: 10.4000/pistes.2999
- St-Vincent, M., Vézina, N., Bellemare, M., Denis, D., Ledoux, E. et Imbeau, D. (2011). *L'intervention en ergonomie*. Montréal, QC: MultiMondes.
- Statistique Canada. (2017). *Recensement de l'agriculture de 2016*. : Tiré de <http://www.statcan.gc.ca/daily-quotidien/170510/dq170510a-fra.pdf>
- Sznelwar, L. I. (1992). *Analyse ergonomique de l'exposition de travailleurs agricoles aux pesticides : essai ergotoxicologique*. (Thèse de doctorat, Conservatoire national des arts et métiers, Paris, France).
- Theureau, J. (2010). Les entretiens d'autoconfrontation et de remise en situation par les traces matérielles et le programme de recherche « cours d'action ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 4(2), 287-322.
- Tsakirakis, A. N., Kasiotis, K. M., Arapaki, N., Charistou, A., Tsatsakis, A., Glass, R. C. et Machera, K. (2011). Determination of operator exposure levels to insecticide during bait applications in olive trees: Study of coverall performance and duration of application. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214(1), 71-78. doi: 10.1016/j.ijheh.2010.08.007
- Tsakirakis, A. N., Kasiotis, K. M., Charistou, A. N., Arapaki, N., Tsatsakis, A., Tsakalof, A. et Machera, K. (2014). Dermal & inhalation exposure of operators during fungicide application in vineyards: Evaluation of coverall performance. *Science of the Total Environment*, 470-471, 282-289. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.09.021
- Tuduri, L., Champoux, D., Jolly, C., Côté, J. et Bouchard, M. (2016). *Prévention des risques liés aux pesticides chez les producteurs de pommes : état des lieux et actions à mener pour une meilleure protection individuelle* (Rapport n° R-941). Montréal, QC: IRSST.
- Vermersch, P. (2019). *L'entretien d'explicitation* (6^e éd.). Issy-les-Moulineaux, France: ESF éditeur.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research. Design and methods* (2^e éd.). Los Angeles, CA: Sage Publications.

ANNEXE A : DÉFINITION DE LA VARIABLE « PARTIE DU CORPS » ET DE SES MODALITÉS

VARIABLE		
Nom	Définition	
Partie du corps	Zone corporelle du producteur	
MODALITÉ		
Nom	Définition	Illustrations
Corps entier	Ensemble du corps	
Tête	La tête sans le cou	
Avant-bras droit	De la base du poignet jusqu'à la pointe du coude (olécrane)	
Avant-bras gauche		
Bras droit	De la pointe du coude jusqu'à l'acromion	
Bras gauche		
Ventre	Des hanches (alignée avec l'élastique du Tyvek) jusqu'à l'acromion, incluant le cou	
Dos		
Jambe droite	De la cheville jusqu'à la partie supérieure du genou lorsqu'il est plié	
Jambe gauche		
Cuisse droite	De la partie supérieure du genou jusqu'à la hanche	
Cuisse gauche		

ANNEXE B : DÉFINITION DE LA VARIABLE « SOURCE D'EXPOSITION ET DE SES MODALITÉS

VARIABLE	
Nom	Définition
Source d'exposition	Pesticide sous différents états ou équipements, outils pouvant être porteurs de résidus de pesticides
MODALITÉ	
Nom	Définition
Formulation commerciale	Formulation commerciale de pesticide sous différentes formes (p. ex. : granule, liquide)
Pesticide sous forme d'aérosol	Particule liquide ou solide de formulation commerciale en suspension dans l'air
Bouillie	Mélange d'une ou de plusieurs formulations commerciales de pesticide avec de l'eau
Contenant	Emballage du pesticide (p. ex. : sac, bidon, seau)
Contenant Mesureur	Tasse, seau gradué ou non permettant la mesure sans pesée
Cuve	Partie du pulvérisateur dans laquelle la bouille de pesticide est insérée
Panier	Tamis inséré dans l'ouverture de la cuve du pulvérisateur
Valve du pulvérisateur	Valve, située à l'avant du pulvérisateur permettant d'agir sur le réglage de l'agitateur
Tour du ventilateur	Partie arrière du pulvérisateur sur laquelle le ventilateur est fixé et qui permet de propulser la bouillie sortant des buses
Boyau d'eau	Boyau souple ou rigide qui permet d'amener l'eau d'un réservoir à la cuve du pulvérisateur
Valve d'eau	Valve du boyau d'eau permettant de contrôler le débit
Intérieur du tracteur	Poste de conduite du tracteur abrité ou non par une cabine
Table de travail	Surface sur laquelle le producteur effectue la mesure (p. ex. : bidon, étagère)
Main gauche	Main gauche du producteur qu'elle soit gantée ou non
Main droite	Main droite du producteur qu'elle soit gantée ou non
Gant	Gant de protection manipulé par le producteur
Masque	Pièce faciale de protection respiratoire (demi-masque, plein visage)
Chien	Animal de compagnie

ANNEXE C : LISTE DES MATIÈRES ACTIVES ANALYSÉES ET TYPES D'ANALYSE RÉALISÉS

FAMILLE	MOLÉCULE ACTIVE	TYPE D'ANALYSE
Insecticide	Abamectine	HPLC-MS/MS
Insecticide	Acequinocyl	HPLC-MS/MS
Insecticide	Acétamipride	GC-MS/MS
Fongicide	Benzovindiflupyr	HPLC-MS/MS
Insecticide	Bifénazate	HPLC-MS/MS
Fongicide	Boscalide	HPLC-MS/MS
Fongicide	Captane	GC-MS/MS
Insecticide	Carbaryl	HPLC-MS/MS
Insecticide	Chlorantranilprole	HPLC-MS/MS
Insecticide	Cloféntezine	HPLC-MS/MS
Insecticide	Clothianidine	HPLC-MS/MS
Insecticide	Cyantranilprole	HPLC-MS/MS
Insecticide	Cyflumetofen	HPLC-MS/MS
Insecticide	Cyperméthrine	GC-MS/MS
Fongicide	Cyprodinil	GC-MS/MS
Insecticide	Deltaméthrine	GC-MS/MS
Insecticide	Diazinon	GC-MS/MS
Fongicide	Difénoconazole	HPLC-MS/MS
Fongicide	Dodine	HPLC-MS/MS
Insecticide	Flonicamide	HPLC-MS/MS
Fongicide	Fluaziname	HPLC-MS/MS
Fongicide	Fluopyram	HPLC-MS/MS
Fongicide	Fluxapyroxad	HPLC-MS/MS
Insecticide	Formétanate	HPLC-MS/MS
Insecticide	Imidaclopride	HPLC-MS/MS
Fongicide	Kresoxim methyl	GC-MS/MS
Insecticide	Méthomyl	HPLC-MS/MS
Insecticide	Méthoxyfénozide	HPLC-MS/MS
Fongicide	Myclobutanil	GC-MS/MS
Insecticide	Novaluron	HPLC-MS/MS

FAMILLE	MOLÉCULE ACTIVE	TYPE D'ANALYSE
Fongicide	Penthiopyrad	HPLC-MS/MS
Insecticide	Perméthrine	GC-MS/MS
Insecticide	Phosmet	GC-MS/MS
Fongicide	Pyraclostrobine	HPLC-MS/MS
Insecticide	Pyridaben	HPLC-MS/MS
Fongicide	Pyriméthanil	HPLC-MS/MS
Insecticide	Spinetoram	HPLC-MS/MS
Insecticide	Spinosad	HPLC-MS/MS
Insecticide	Spirodiclofene	HPLC-MS/MS
Insecticide	Spirotetramate	HPLC-MS/MS
Insecticide	Tébufénozide	HPLC-MS/MS
Insecticide	Thiaclopride	HPLC-MS/MS
Insecticide	Thiamétoxame	HPLC-MS/MS
Fongicide	Trifloxystrobine	GC-MS/MS
Insecticide	Λ -Cyhalothrine	GC-MS/MS