



**HAL**  
open science

# Exposition aux pesticides et santé chez les travailleurs des espaces verts en France

Lucie de Graaf

► **To cite this version:**

Lucie de Graaf. Exposition aux pesticides et santé chez les travailleurs des espaces verts en France. Médecine humaine et pathologie. Université de Bordeaux, 2022. Français. NNT : 2022BORD0403 . tel-03975286v2

**HAL Id: tel-03975286**

**<https://theses.hal.science/tel-03975286v2>**

Submitted on 27 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE PRÉSENTÉE  
POUR OBTENIR LE GRADE DE  
**DOCTEUR DE**  
**L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE SOCIÉTÉS, POLITIQUE, SANTÉ PUBLIQUE  
SPÉCIALITÉ SANTÉ PUBLIQUE, OPTION ÉPIDÉMIOLOGIE

Par Lucie DE GRAAF

**Exposition aux pesticides et santé chez les travailleurs des  
espaces verts en France**

Sous la direction d'Isabelle BALDI

Soutenue le 12 décembre 2022

Membres du jury :

Mr Alain GARRIGOU, PU , Université de Bordeaux  
Mme Virginie MIGEOT, PU-PH, Université de Rennes 1  
Mr Christophe PARIS, PU-PH, Université de Rennes 1  
Mme Yolande ESQUIROL, MCU-PH, Université de Toulouse III  
Mme Ghislaine BOUVIER, MCU, Université de Bordeaux  
Mme Isabelle BALDI, PU-PH, Université de Bordeaux  
Mr Pierre LEBAILLY, MCU, Université de Caen-Normandie

Président et examinateur  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examinatrice  
Examinatrice  
Directrice de thèse  
Invité

## REMERCIEMENTS

*À Isabelle Baldi pour avoir cru en moi en me proposant cette thèse. Merci pour cette incroyable opportunité d'avoir pu travailler sur ce sujet et pour l'enrichissement professionnel et personnel que cela m'a apporté. Merci pour la confiance, le soutien et la bienveillance tout au long de ce projet.*

*Aux membres du jury, Virginie Migeot, Christophe Paris, Yolande Esquirol, Ghislaine Bouvier, Alain Garrigou et Pierre Lebailly pour avoir accepté d'évaluer ce travail de recherche et de me faire l'honneur de votre présence aujourd'hui.*

*À Pierre Lebailly pour ta contribution, ton implication et ton soutien durant ces trois années. Un grand merci pour tes relectures, les échanges et ta disponibilité qui ont permis d'enrichir ce travail.*

*À Ghislaine Bouvier pour m'avoir impliquée dans les enseignements et pour les encouragements tout au long de cette thèse.*

*À l'équipe Epicene pour votre accueil et votre soutien. Je tiens à remercier en particulier Mathilde, Zamira, Elsa, Nolwenn et Justine pour leur précieuse aide sur le terrain (et en dehors) et pour avoir accepté de se lever aux aurores pour moi. Merci également à mes voisins de bureau, Émilie, Camille et Stéphane sans qui l'autre moitié de mes cartons aurait sûrement été égarée également. Un très grand merci à Christel et Cécile pour votre disponibilité et votre réactivité à toute épreuve.*

*À l'équipe de Caen pour votre accueil (même à distance) et pour tous ces riches échanges.*

*Aux membres du conseil scientifique du Parcours Doctoral National en Santé au Travail pour avoir permis à ce projet de voir le jour en m'accordant cette bourse. Merci à Véronique Daubas-Letourneux et Emmanuelle Denieul pour votre accompagnement et vos encouragements. Je remercie également chaleureusement les autres lauréats de cette bourse : Guillaume, Marion, Alexis, Vanessa, Alice, Deborah et Louis.*

*À l'équipe pédagogique de l'Isped pour la qualité des enseignements reçus lors de mon master et de me donner aujourd'hui, la chance de transmettre à mon tour mes connaissances. Je remercie également mes deux stagiaires Rodrigue et Cassandra pour leur contribution à ce travail.*

*À toutes les personnes qui ont rendu les observations de terrain possible. Je remercie l'Unep pour l'intérêt qu'ils portent à ce projet et pour leur soutien ainsi que les entreprises et les travailleurs qui nous ont fait confiance et ont bien voulu participer aux entretiens et aux mesures de terrain.*

*À mes amis de toujours : Sarah, Mylenna, Charlotte, Madeline, Thomas, Julien, Evelyne et bien entendu la (très) grande famille des copains de St Jean et de l'Othentic. J'ai beaucoup de chance d'avoir des personnes aussi formidables à mes côtés. Merci pour tout !*

*À Camille et Marion avec qui j'ai eu la chance de partager l'aventure ispiédienne et bien plus.*

*À mes familles de substitutions : Nadine et bien entendu David et Georgina. Merci pour ces instants passés avec vous, pour les bons petits plats et les encouragements sans faille.*

*À ma famille pour son soutien inconditionnel. Les parents, je n'ai pas assez de mots pour exprimer ma gratitude. Vous êtes ma plus grande source d'inspiration et de fierté. Merci d'avoir toujours été à mon écoute et de m'avoir encouragé à croire en moi. Je remercie ma sœur Léa, Phil et Jamie pour le bonheur que vous m'apportez au quotidien. Merci pour votre soutien, vos conseils éclairés et votre amour. Louis, Marie et Julia, merci pour tous ces moments passés à vos côtés, pour votre bienveillance et votre générosité. Je remercie également Coby pour son accueil, nos riches discussions et ses encouragements.*

*À Aurélien qui n'a pas été effrayé par le mot « thésarde ». Merci de tout ce que tu m'apportes et pour cette nouvelle aventure qui commence à tes côtés.*

# TABLE DES MATIERES

<b><u>LISTE DES PUBLICATIONS</u></b>	<b>7</b>
<b><u>LISTE DES TABLEAUX</u></b>	<b>9</b>
<b><u>LISTE DES FIGURES</u></b>	<b>14</b>
<b><u>LISTE DES ANNEXES</u></b>	<b>17</b>
<b><u>LISTE DES ABREVIATIONS</u></b>	<b>18</b>
<b><u>INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DES OBJECTIFS</u></b>	<b>20</b>
<b><u>1 CONTEXTE</u></b>	<b>22</b>
<b>1.1 LE SECTEUR DES ESPACES VERTS</b>	<b>22</b>
1.1.1 DEFINITION	22
1.1.2 TRAVAILLEURS INCLUS	26
<b>1.2 PESTICIDES</b>	<b>29</b>
1.2.1 DEFINITION ET GENERALITES	29
1.2.2 CADRE REGLEMENTAIRE POUR L'HOMOLOGATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES	31
1.2.3 PRODUITS DE BIOCONTROLE, SUBSTANCE DE BASE ET PRODUITS AUTORISES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	33
1.2.4 UTILISATION DES PESTICIDES EN ESPACES VERTS	35
1.2.5 CADRE REGLEMENTAIRE AUTOUR DE L'UTILISATION DES PESTICIDES DANS LES ESPACES VERTS	39
<b>1.3 EFFETS DES PESTICIDES EN MILIEU PROFESSIONNEL</b>	<b>44</b>
1.3.1 SOURCES DES EXPOSITIONS	44
1.3.2 VOIES D'EXPOSITION	45
1.3.3 MESURE DE L'EXPOSITION EN MILIEU PROFESSIONNEL	45
1.3.4 ÉTUDES EPIDEMIOLOGIQUES	51
<b><u>2 ÉTUDES EPIDEMIOLOGIQUES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS : ETAT DE L'ART</u></b>	<b>54</b>
<b>2.1 CANCERS ET MALADIES NEURODEGENERATIVES</b>	<b>54</b>
2.1.1 METHODES	54
2.1.2 RESULTATS	55
<b>2.2 ATTEINTES DE LA FERTILITE, DE LA FECONDABILITE ET DU DEVELOPPEMENT FCETAL</b>	<b>77</b>
2.2.1 METHODES	77
2.2.2 RESULTATS	77
<b>2.3 DISCUSSION</b>	<b>98</b>
2.3.1 RESULTATS PRINCIPAUX	98
2.3.2 QUALITE DES ETUDES	98

2.3.3	VALIDITE EXTERNE	102
<b>2.4</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>104</b>
<b>3</b>	<b><u>RETRACER L'HISTORIQUE DES UTILISATIONS DE PESTICIDES DANS LE SECTEUR DES ESPACES VERTS GRACE A LA MATRICE PESTIMAT</u></b>	<b>105</b>
<b>3.1</b>	<b>MATRICE CULTURES-EXPOSITIONS PESTIMAT</b>	<b>105</b>
3.1.1	PRESENTATION GENERALE	105
3.1.2	STRUCTURE DE LA MATRICE PESTIMAT	107
3.1.3	SOURCES DES DONNEES	108
3.1.4	DETERMINATION DES PARAMETRES D'EXPOSITION	110
3.1.5	MOLECULES RECENSEES DANS LA MATRICE	112
<b>3.2</b>	<b>ÉLABORATION DE LA MATRICE PESTIMAT A DESTINATION DU SECTEUR DES ESPACES VERTS</b>	<b>112</b>
3.2.1	LISTE DES MATIERES ACTIVES IDENTIFIEES EN ESPACES VERTS	113
3.2.2	IDENTIFICATION DES MATIERES ACTIVES REPERTORIEES DANS LES TABLES PESTIMAT	115
3.2.3	SOURCES DE DONNEES DISPONIBLES POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS	117
3.2.4	INCREMENTATION DES TABLES PESTIMAT POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS	118
3.2.5	PERSPECTIVES POUR IDENTIFIER DES SOURCES D'INFORMATION SUPPLEMENTAIRES POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS	123
3.2.6	UTILISATION DE LA MATRICE PESTIMAT	126
<b>4</b>	<b><u>SANTE DES TRAVAILLEURS EN ESPACE VERTS : ANALYSES EPIDEMIOLOGIQUES AU SEIN DE LA COHORTE AGRICAN</u></b>	<b>127</b>
<b>4.1</b>	<b>LA COHORTE AGRICAN (AGRICULTURE &amp; CANCER)</b>	<b>127</b>
4.1.1	PRESENTATION GENERALE	127
4.1.2	INCLUSION ET RECUEIL DES DONNEES	130
4.1.3	SUIVI DES PARTICIPANTS	131
4.1.4	IDENTIFICATION DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS DANS LA COHORTE	132
<b>4.2</b>	<b>ANALYSE DE LA MORBIDITE ET MORTALITE DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ISSUS DE LA COHORTE AGRICAN</b>	<b>138</b>
4.2.1	MATERIEL ET METHODES	138
4.2.2	RESULTATS	149
4.2.3	DISCUSSION	190
4.2.4	CONCLUSION	196
<b>4.3</b>	<b>ASSOCIATION ENTRE L'INCIDENCE DU CANCER DE LA PROSTATE ET DU SEIN ET L'EXPOSITION AUX PYRETHRINOÏDES</b>	<b>197</b>
4.3.1	CONTEXTE DE LA RECHERCHE	197
4.3.2	EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ET INCIDENCE DU CANCER DE LA PROSTATE ET DU SEIN	204

<b>4.4</b>	<b>ÉLABORATION D'UN QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE AUX TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN</b>	<b>222</b>
4.4.1	CONTEXTE ET OBJECTIFS	222
4.4.2	PRESENTATION DU QUESTIONNAIRE	222
4.4.3	ENVOI	229
<b>5</b>	<b><u>ESTIMER L'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN CONDITIONS REELLES DE TRAVAIL</u></b>	<b>230</b>
<b>5.1</b>	<b>CONTEXTE</b>	<b>230</b>
<b>5.2</b>	<b>ÉTUDES D'EXPOLOGIE DANS LE SECTEUR DES ESPACES VERTS : ETAT DES CONNAISSANCES</b>	<b>231</b>
5.2.1	METHODES	231
5.2.2	RESULTATS	233
5.2.3	DISCUSSION	253
5.2.4	CONCLUSION	257
<b>5.3</b>	<b>ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS AUPRES DE TRAVAILLEURS DES ESPACES VERTS</b>	<b>259</b>
5.3.1	PRESENTATION ET OBJECTIFS	259
5.3.2	METHODOLOGIE	259
5.3.3	RESULTATS	261
5.3.4	DISCUSSION	273
<b>5.4</b>	<b>MISE EN PLACE DE L'ÉTUDE DE TERRAIN</b>	<b>277</b>
5.4.1	PROTOCOLE	277
5.4.2	RESULTATS DES PREMIERES OBSERVATIONS	289
	<b><u>CONCLUSION GENERALE</u></b>	<b>316</b>
	<b><u>BIBLIOGRAPHIE</u></b>	<b>320</b>
	<b><u>ANNEXES</u></b>	<b>351</b>

## LISTE DES PUBLICATIONS

### ARTICLES PUBLIES :

de Graaf, L., Boulanger, M., Bureau, M., Bouvier, G., Meryet-Figuere, M., Tual, S., Lebailly, P., Baldi, I., 2022a. Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. Environ. Res. 203, 111822. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111822>

de Graaf, L., Talibov, M., Boulanger, M., Bureau, M., Robelot, E., Lebailly, P., Baldi, I., 2022b. Health of greenspace workers: Morbidity and mortality data from the Agrican cohort. Environ. Res. 212, 113375. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113375>

Baldi, I., De Graaf, L., Bouvier, G., Gruber, A., Loiseau, H., Meryet-Figuere, M., Rousseau, S., Fabbro-Peray, P., Lebailly, P., 2021. Occupational exposure to pesticides and central nervous system tumors: results from the CERENAT case-control study. Cancer Causes Control. <https://doi.org/10.1007/s10552-021-01429-x>

### ARTICLES SOUMIS :

Boulanger, M., de Graaf, L., Pons, R., Bouchard V., Bureau, M., Lecluse, Y., Meryet-Figuere, M., Tual, S., Baldi, I., Lebailly, P., 2021. Herbicide exposure during occupational knapsack spraying in French gardeners and municipal workers.

### COMMUNICATIONS ORALES :

de Graaf, L., Baldi, I. (2021). Exposition aux pesticides et effets de santé chez les travailleurs en espaces verts - Présentation des résultats d'Agrican. Journée de la Société Française de Médecine du Travail, France.

de Graaf, L., Talibov, M., Boulanger, M., Bureau, M., Robelot, E., Lebailly, P., & Baldi, I. (2021). RF-223 Cause-specific mortality and site-specific cancer incidence among greenspace workers in the Agrican cohort study. EPICOH

de Graaf, L., Bureau, M., Robelot, E., Boulanger, M., Lebailly, P. & Baldi, I. (2022). Exposition aux pesticides et effets de santé chez les travailleurs en espaces verts. Santé Publique, 34 <https://doi.org/10.3917/spub.220.0012>. Congrès Société Française de Santé Publique, Poitiers, France.



**COMMUNICATION AFFICHEE :**

de Graaf, L., Baldi, I., & Lebailly, P. (2020). Exposition aux pesticides et santé chez les jardiniers et travailleurs des espaces verts. Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 81(5), 740.

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 :</b> Emplois inclus dans le travail de recherche .....	28
<b>Tableau 2:</b> Appréciation de la présomption d'un lien entre l'exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) et différentes localisations de cancer - Expertises collectives de l'Inserm 2013 et 2021.....	52
<b>Tableau 3:</b> Appréciation de la présomption d'un lien entre l'exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) et les maladies neurodégénératives - Expertises collectives de l'Inserm 2013 et 2021.....	53
<b>Tableau 4:</b> Appréciation de la présomption d'un lien entre l'exposition professionnelle aux pesticides (sans distinction) et différentes pathologies - expertises collectives de l'inserm 2013 et 2021.....	53
<b>Tableau 5:</b> Études évaluant le risque de cancers chez les travailleurs en espaces verts et applicateurs de pesticides .....	57
<b>Tableau 6 :</b> Études sur les risques de maladies neurodégénératives chez les travailleurs en espaces verts et applicateurs de pesticide affiliés.....	73
<b>Tableau 7:</b> Études sur les atteintes à la fertilité et fécondabilité chez les travailleurs en espaces verts.....	81
<b>Tableau 8:</b> Études sur les évènements indésirables lors de la grossesse ou à la naissance .....	88
<b>Tableau 9:</b> Nombre de matières actives par tables - Pestimat .....	112
<b>Tableau 10:</b> Termes relatifs à l'espace vert identifiés dans les guides et index phytosanitaires. ....	114
<b>Tableau 11:</b> Nombre de molécules actives identifiées pour l'espace vert dans les guides et index phytosanitaires .....	115
<b>Tableau 12 :</b> Matières actives identifiées pour les espaces verts et répertoriées dans la matrice Pestimat.....	116
<b>Tableau 13:</b> Liste des insecticides concernés par l'incrémentation des données en espaces verts - matrice Pestimat .....	120
<b>Tableau 14 :</b> Liste des fongicides concernés par l'incrémentation des données en espaces verts - matrice Pestimat .....	121
<b>Tableau 15:</b> Liste des herbicides concernés par l'incrémentation des données en espaces verts - matrice Pestimat .....	122
<b>Tableau 16 :</b> Variables utilisées pour décrire les caractéristiques démographiques dans la cohorte Agrican .....	140
<b>Tableau 17 :</b> Variables utilisées pour décrire les habitudes de vie dans la cohorte Agrican...	141
<b>Tableau 18 :</b> Variables utilisées pour décrire la santé au sein de la cohorte Agrican .....	143

<b>Tableau 19 :</b> Regroupement des causes de décès pour les analyses de survie — cohorte Agrican .....	144
<b>Tableau 20 :</b> Regroupement des localisations de cancer pour les analyses de survie — cohorte Agrican.....	145
<b>Tableau 21 :</b> Variables d’ajustement identifiées dans la littérature et testées dans les modèles de Cox pour chaque cause de décès .....	147
<b>Tableau 22 :</b> Variables d’ajustement connues dans la littérature et testées dans les modèles de Cox pour chaque localisation de cancer .....	148
<b>Tableau 23 :</b> Caractéristiques sociodémographiques des travailleurs inclus dans la cohorte Agrican (N=156 693).....	151
<b>Tableau 24:</b> Caractéristiques sociodémographiques des travailleurs en espaces verts (n=6247) — cohorte Agrican.....	153
<b>Tableau 25:</b> Caractéristiques professionnelles et pratiques agricoles chez les travailleurs en espaces verts inclus dans la cohorte Agrican (n=6247).....	155
<b>Tableau 26:</b> Caractéristiques de santé chez les travailleurs inclus dans la cohorte Agrican (n=156 693).....	158
<b>Tableau 27:</b> Habitudes de vie chez les travailleurs inclus dans la cohorte Agrican (n=156 693).....	158
<b>Tableau 28:</b> Caractéristiques d’exposition des travailleurs inclus dans la cohorte Agrican (N=156 693).....	161
<b>Tableau 29:</b> Comparaison des antécédents de maladies allergiques autodéclarées à l’inclusion chez les travailleurs en espaces verts masculins, avec les éleveurs et les cultivateurs. Cohorte Agrican.....	167
<b>Tableau 30:</b> Comparaison des antécédents de maladies allergiques autodéclarées à l’inclusion chez les travailleuses en espaces verts, avec les éleveurs et les cultivateurs. Cohorte Agrican.....	167
<b>Tableau 31:</b> Hazard ratios pour l’incidence des cancers chez les hommes dans la cohorte Agrican (n=87 497) .....	172
<b>Tableau 32:</b> Hazard ratios pour l’incidence des cancers chez les femmes dans la cohorte Agrican (n=69 196) .....	173
<b>Tableau 33:</b> Hazard ratios de l’incidence des cancers chez les hommes travailleurs en espaces verts sans expérience agricole, cohorte Agrican. ....	174
<b>Tableau 34:</b> Hazard ratios de l’incidence des cancers chez les femmes travailleuses en espaces verts sans expérience agricole, cohorte Agrican .....	174
<b>Tableau 35:</b> Hazard ratios de l’incidence des cancers chez les hommes travailleurs en espaces verts utilisateurs de pesticides vs les non-utilisateurs, cohorte Agrican .....	175
<b>Tableau 36:</b> Hazard ratios de l’incidence des cancers chez les femmes travailleuses en espaces verts utilisatrices de pesticides vs les non-utilisatrices, cohorte Agrican .....	176

<b>Tableau 37:</b> Hazard ratios de l'incidence des cancers chez les hommes travailleurs en espaces verts vs les éleveurs et vs les cultivateurs, cohorte Agrican .....	177
<b>Tableau 38:</b> Hazard ratios de l'incidence des cancers chez les femmes travailleuses en espaces verts vs les éleveuses et vs les cultivatrices, cohorte Agrican .....	177
<b>Tableau 39:</b> Hazard ratio de l'incidence des cancers chez les hommes non fumeurs travailleurs en espaces verts vs les agriculteurs et les non agricoles, cohorte Agrican.....	178
<b>Tableau 40:</b> Hazard ratio de l'incidence des cancers chez les femmes non fumeuses travailleuses en espaces verts vs les agricultrices et les non agricoles, cohorte Agrican	179
<b>Tableau 41:</b> Hazard ratios de l'incidence des mélanomes cutanés chez les hommes travailleurs en espaces verts stratifiés sur la moyenne de jours d'ensoleillement par an, par département, cohorte Agrican .....	180
<b>Tableau 42:</b> Risques de cancers chez les hommes travaillant en espaces verts en fonction des sous-groupes (n=5111), cohorte Agrican .....	182
<b>Tableau 43:</b> Risques de cancers chez les femmes travaillant en espaces verts en fonction des sous-groupes (n=1136), cohorte Agrican .....	182
<b>Tableau 44:</b> Risques de cancers chez les hommes travaillant en espaces verts vs les agriculteurs et les non-agricoles. Mise à jour des résultats avec les données de 2017, cohorte Agrican .....	183
<b>Tableau 45:</b> Risques de cancer chez les femmes travaillant en espaces verts vs les agriculteurs et les non-agricoles. Mise à jour des résultats avec les données de 2017, cohorte Agrican .....	187
<b>Tableau 46 :</b> Classement des pyrèthres et pyréthrinoïdes - En gras les matières actives incrémentées sur les données des espaces verts dans la matrice Pestimat .....	199
<b>Tableau 47 :</b> Formules semi-développées des 12 insecticides pyréthrinoïdes utilisés en espaces verts - matrice Pestimat .....	200
<b>Tableau 48 :</b> Nombre de participants exposés par matière active .....	207
<b>Tableau 49 :</b> Caractéristiques sociodémographiques des travailleurs en espaces verts exposés (directement et indirectement) et non exposés aux pyréthrinoïdes (N=6090) – cohorte Agrican.....	208
<b>Tableau 50 :</b> Caractéristiques de santé des travailleurs en espaces verts exposés et non exposés aux pyréthrinoïdes (n=6090) – cohorte Agrican.....	210
<b>Tableau 51 :</b> Habitudes de vie des travailleurs en espaces verts exposés et non exposés aux pyréthrinoïdes (n=6090) – cohorte Agrican .....	211
<b>Tableau 52 :</b> Caractéristiques d'exposition santé des travailleurs en espaces verts exposés et non exposés aux pyréthrinoïdes (n=6090) – cohorte Agrican .....	212
<b>Tableau 53 :</b> Comparaison des antécédents médicaux autodéclarés à l'inclusion chez les travailleurs en espaces verts exposés et non exposés aux pyréthrinoïdes (n=6090) – cohorte Agrican .....	213

<b>Tableau 54:</b> Comparaison des antécédents médicaux autodéclarés à l'inclusion chez les travailleurs en espaces verts exposés indirectement et les non-exposés aux pyréthriinoïdes – cohorte Agrican .....	213
<b>Tableau 55:</b> Hazard ratios de l'incidence des cancers chez les travailleurs en espaces verts exposés directement versus les non-exposés et les exposés indirectement aux pyréthriinoïdes — Hommes .....	214
<b>Tableau 56:</b> Hazard ratios de l'incidence des cancers chez les travailleurs en espaces verts exposés directement versus les non-exposés et les exposés indirectement aux pyréthriinoïdes — Femmes .....	214
<b>Tableau 57:</b> Hazard ratios de l'incidence des cancers chez les travailleurs en espaces verts exposés indirectement aux pyréthriinoïdes versus les non-exposés — cohorte Agrican	215
<b>Tableau 58:</b> Comparaison des antécédents médicaux autodéclarés à l'inclusion entre les travailleurs inclus et ceux exclus des analyses pour cause de données manquantes (n=4461) – cohorte Agrican.....	216
<b>Tableau 59 :</b> Hazard ratio (HR) de l'incidence des cancers chez les participants exclus des analyses principales par rapport aux participants inclus (n=4461) – cohorte Agrican ....	216
<b>Tableau 60 :</b> études d'expologie réalisées lors de traitement en extérieur dans le secteur des espaces verts .....	238
<b>Tableau 61 :</b> Études d'expologie réalisées lors de traitement sous serre.....	243
<b>Tableau 62 :</b> Études d'expologie réalisée lors de tâches de réentrée sous serre .....	248
<b>Tableau 63 :</b> Études d'expologie réalisées lors de traitements et de travaux de réentrée.....	251
<b>Tableau 64 :</b> Liste des fongicides appliqués dans les golfs.....	264
<b>Tableau 65 :</b> Liste des produits conventionnels utilisés par le centre de production végétale .....	265
<b>Tableau 66 :</b> Liste des matières actives utilisées par les professionnels interviewés .....	267
<b>Tableau 67:</b> Localisation des patchs et surface (cm <sup>2</sup> ) des zones corporelles concernées .....	280
<b>Tableau 68 :</b> Caractéristiques relevées dans les cahiers d'observations lors de journées de traitement.....	282
<b>Tableau 69:</b> Caractéristiques relevées dans le cahier d'observation lors de travaux de réentrée .....	282
<b>Tableau 70:</b> Variables sélectionnées a priori pouvant expliquer les niveaux de contamination .....	286
<b>Tableau 71:</b> Synthèse du calendrier de traitement de la pépinière pour l'année 2021 .....	292
<b>Tableau 72:</b> Résumé des potentiels déterminants de l'exposition identifiés lors du traitement sous serre .....	299
<b>Tableau 73:</b> Récapitulatif des potentiels déterminants de l'exposition lors de traitement en hors-sol extérieur .....	305

<b>Tableau 74:</b> Récapitulatif des potentiels déterminants de l'exposition lors de désherbage en plein champ – étude Pestexpo .....	311
<b>Tableau 75:</b> Caractéristiques des travailleurs et des traitements observés dans la pépinière – étude Pestexpo .....	313
<b>Tableau 76:</b> Récapitulatifs des potentiels déterminants de l'exposition en pépinière – étude Pestexpo .....	314

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Description des espaces verts inclus dans la thèse.....	25
<b>Figure 2:</b> Regroupement des États membres pour l'homologation des produits phytopharmaceutiques. ....	32
<b>Figure 3 :</b> Synthèse des différents termes utilisés pour décrire les pesticides. ....	35
<b>Figure 4:</b> Évolution des quantités de substances vendues en France entre 2009 et 2020.....	36
<b>Figure 5 :</b> Évolution des nombres de doses unités de produits phytopharmaceutiques : comparaison entre les usages agricoles et non-agricoles .....	38
<b>Figure 6:</b> Évolution de la législation encadrant l'utilisation des pesticides sur les espaces publics .....	40
<b>Figure 7:</b> Zones concernées par l'interdiction d'utilisation des produits phytopharmaceutiques (Loi Labbé) .....	42
<b>Figure 8:</b> Diagramme de flux de la sélection des études .....	56
<b>Figure 9:</b> Risque de cancer par localisation dans les études identifiées dans la revue de littérature. ....	76
<b>Figure 10:</b> Diagramme de flux de la sélection des articles.....	78
<b>Figure 11:</b> Fécondabilité dans les études conduites chez les travailleurs en espaces verts. ....	97
<b>Figure 12:</b> Schéma d'une table de la matrice Pestimat .....	107
<b>Figure 13:</b> Extrait de la table des pyréthriinoïdes - matrice Pestimat.....	111
<b>Figure 14:</b> Liste des matières actives utilisées en espaces verts et intégrées à la matrice Pestimat .....	119
<b>Figure 15:</b> Classification des intensités d'attaque des bioagresseurs .....	123
<b>Figure 16:</b> Exemple de tableau récapitulant des maladies/ravageurs répertoriés .....	124
<b>Figure 17:</b> Gouvernance de la cohorte Agrican .....	128
<b>Figure 18 :</b> Calendrier des étapes de l'étude Agrican .....	129
<b>Figure 19 :</b> Départements inclus dans la cohorte Agrican et effectifs de participation).....	129
<b>Figure 20:</b> Calendrier professionnel du questionnaire d'inclusion (Agrican).....	132
<b>Figure 21:</b> Parties du questionnaire d'inclusion utilisées pour l'identification des travailleurs en espaces verts .....	133
<b>Figure 22 :</b> Items utilisés dans le questionnaire de suivi pour identifier les travailleurs en espaces verts.....	133
<b>Figure 23:</b> Diagramme de flux de la sélection de la population de travailleurs en espaces verts au sein de la cohorte Agrican .....	137
<b>Figure 24:</b> Distribution des travailleurs inclus dans la cohorte Agrican au sein des départements .....	152

<b>Figure 25:</b> Distribution des travailleurs en espaces verts au sein des départements (n=6247) — cohorte Agrican .....	154
<b>Figure 26 :</b> Répartition des travailleurs inclus dans la cohorte Agrican selon leur activité agricole .....	156
<b>Figure 27:</b> Répartition des travailleurs en espaces verts selon leur emploi dans ce secteur, cohorte Agrican. ....	157
<b>Figure 28:</b> Déclaration du port des EPI au sein de la cohorte Agrican .....	162
<b>Figure 29:</b> Déclaration du port des EPI chez les travailleurs en espaces verts inclus dans la cohorte Agrican .....	163
<b>Figure 30:</b> Antécédents médicaux déclarés à l'inclusion chez les travailleurs inclus dans la cohorte Agrican (n=156 693).....	165
<b>Figure 31:</b> Antécédents médicaux autodéclarés à l'inclusion chez les travailleurs en espaces verts (hommes en haut et femmes en bas). Comparaison avec les agriculteurs (à gauche) et avec les non-agricoles (à droite). Cohorte Agrican (n=156 693) .....	166
<b>Figure 32:</b> Mortalité chez les travailleurs en espaces verts (hommes) comparée aux agriculteurs (à gauche) et aux non-agricoles (à droite). Cohorte Agrican (n=87 497).....	169
<b>Figure 33:</b> Mortalité chez les travailleuses en espaces verts comparée aux agriculteurs (à gauche) et aux non-agricoles (à droite). Cohorte Agrican (n=87 497).....	170
<b>Figure 34:</b> Départements inclus dans la cohorte, classés selon le nombre total de jours d'ensoleillement (sur la période 1999-2010), cohorte Agrican.....	179
<b>Figure 35:</b> Évolution du risque de cancers entre 2015 et 2017 chez les travailleurs en espaces verts avec les agriculteurs pris comme référence. Cohorte Agrican .....	185
<b>Figure 36:</b> Comparaison de l'incidence des cancers entre 2015 et 2017 chez les travailleurs en espaces verts. Comparaison avec les non-agricoles. Cohorte Agrican .....	186
<b>Figure 37:</b> Comparaison de l'incidence des cancers entre 2015 et 2017 chez les travailleuses en espaces verts. Comparaison avec les agriculteurs. Cohorte Agrican.....	188
<b>Figure 38:</b> Comparaison de l'incidence des cancers entre 2015 et 2017 chez les travailleuses en espaces verts. Comparaison avec les non-agricoles. Cohorte Agrican .....	189
<b>Figure 39:</b> Mode d'action des insecticides pyréthrinoïdes sur les neurones - Source : Hénault-Ethier, 2016 .....	201
<b>Figure 40:</b> Effets des pyréthrinoïdes au niveau cellulaire - Source : Navarrete-Meneses and Pérez-Vera, 2019 .....	203
<b>Figure 41 :</b> Cultures et élevages réalisés par les travailleurs en espaces verts inclus dans les analyses (n=6090) – cohorte Agrican .....	209
<b>Figure 42:</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts - Agrican .....	223
<b>Figure 43:</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts (culture ornementale)- Agrican .....	224



<b>Figure 44:</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts - Section sur les serres (Agrican)	225
<b>Figure 45 :</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts - Section sur le matériel (Agrican)	226
<b>Figure 46 :</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts : dérogations dans le cadre de la loi Labbé - Agrican	227
<b>Figure 47 :</b> Extrait du questionnaire spécifique espaces verts - Section sur les expositions au soleil (Agrican)	228
<b>Figure 48 :</b> Diagramme de flux de la sélection des articles	234
<b>Figure 49:</b> Pulvérisateurs utilisés par les professionnels interrogés	268
<b>Figure 50:</b> Pulvérisateurs utilisés par les professionnels interrogés (2)	269
<b>Figure 51:</b> Disposition des couches composant les patchs	279
<b>Figure 52 :</b> Disposition des patchs (Baldi et al. 2006)	280
<b>Figure 53:</b> Photos des environnements de travail lors des mesures réalisées dans une pépinière étude Pestexpo	290
<b>Figure 54:</b> Atomiseur thermique utilisé lors des traitements sous serres – étude Pestexpo	293
<b>Figure 55:</b> Phase de préparation pour les traitements sous serre – étude Pestexpo	295
<b>Figure 56:</b> Applications en serre (deuxième application en haut et troisième application en bas) – étude Pestexpo	297
<b>Figure 57:</b> Nettoyage de l'atomiseur après application sous serre – étude Pestexpo	298
<b>Figure 58:</b> Matériel d'application pour le traitement réalisé en hors-sol extérieur – étude Pestexpo	300
<b>Figure 59:</b> Application lors de traitement en hors-sol extérieur (première parcelle)– étude Pestexpo	303
<b>Figure 60:</b> Phase de préparation lors de désherbage en plein champ – étude Pestexpo	308
<b>Figure 61:</b> Application lors de désherbage en plein champ – étude Pestexpo	310

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1 :</b> Algorithmes de recherche – cancers et maladies neurodégénératives .....	352
<b>Annexe 2:</b> Algorithmes de recherche – Santé reproductive .....	353
<b>Annexe 3:</b> Liste des matières actives utilisées en espaces verts dans la matrice Pestimat ....	355
<b>Annexe 4:</b> Questionnaire d’inclusion Agrican .....	358
<b>Annexe 5:</b> Questionnaire de suivi Agrican .....	363
<b>Annexe 6:</b> Termes retenus à la question Q7.15.1 du questionnaire de suivi .....	372
<b>Annexe 7:</b> Expositions aux pyréthrinoïdes - Comparaison entre les sujets inclus et exclus (Agrican) .....	373
<b>Annexe 8:</b> Guide des entretiens semi-directifs – Pestexpo .....	375
<b>Annexe 9:</b> Liste des produits autorisés en agriculture biologique (hors produits de biocontrôle) – 15 mars 2021 .....	382
<b>Annexe 10:</b> Courrier de recrutement - Pestexpo.....	383
<b>Annexe 11:</b> Cahier d’observation – traitements (Pestexpo) .....	384
<b>Annexe 12:</b> Cahier d’observation – Réentrée (Pestexpo) .....	395
<b>Annexe 13:</b> Caractéristiques de l’entreprise / exploitation (Pestexpo) .....	403
<b>Annexe 14:</b> Note d’information étude Pestexpo .....	405
<b>Annexe 15:</b> Consentement étude Pestexpo .....	408

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>Acta</b>	Association de coordination technique agricole
<b>Agrican</b>	AGRIculture & CANcer
<b>AHS</b>	<i>Agricultural Health Study</i>
<b>AMM</b>	Autorisation de Mise sur le Marché
<b>CE</b>	Communauté Européenne
<b>CepiDC</b>	Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de Décès
<b>CIM-10</b>	Classification Internationale des Maladies – Version 10
<b>CIMO-3</b>	Classification Internationale des Maladies pour l'Oncologie – Version 3
<b>CIRC</b>	Centre International de Recherche sur le Cancer
<b>EAJ</b>	Emploi Autorisé pour les Jardins
<b>ECHA</b>	<i>European Chemicals Agency</i>
<b>EPA</b>	<i>Environmental Protection Agency</i>
<b>EPI</b>	Équipement de Protection Individuelle
<b>EV</b>	Espace vert
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
<b>FDR</b>	<i>Fecundability Density Ratio</i>
<b>FOR</b>	<i>Fecundability Odd Ratio</i>
<b>FR</b>	<i>Fecundability Ratio</i>
<b>FSH</b>	Hormone Folliculo-Stimulante
<b>HR</b>	<i>Hazard Ratio</i>
<b>IC 95%</b>	Intervalle de Confiance à 95%
<b>IMC</b>	Indice de Masse Corporelle
<b>Inserm</b>	Institut national de la santé et de la recherche médicale
<b>JEVI</b>	Jardins, Espaces Végétalisés et Infrastructures
<b>LH</b>	Hormone Lutéale
<b>LMR</b>	Limite Maximale de Résidus
<b>MSA</b>	Mutualité Sociale Agricole
<b>NOCCA</b>	<i>Nordic Occupational Cancer</i>
<b>NODU</b>	Nombre de Doses Unités
<b>OCDE</b>	Organisation de Coopération et de Développement Économique
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de la Santé
<b>OR</b>	<i>Odds Ratio</i>
<b>PCS</b>	Professions et Catégories Socioprofessionnelles
<b>PMR</b>	<i>Proportional Mortality Ratio</i>
<b>PNPP</b>	Préparation Naturelle Peu Préoccupante

<b>RNIPP</b>	Répertoire National pour l'Identification des Personnes Physiques
<b>ROME</b>	Répertoire Opérationnel des Métiers et des Emplois
<b>RR</b>	Risque Relatif
<b>SAU</b>	Surface Agricole Utilisée
<b>SHR</b>	<i>Standardised Hospitalisation Ratio</i>
<b>SIR</b>	<i>Standardised Incidence Ratio</i>
<b>SMR</b>	<i>Standardised Mortality Ratio</i>
<b>SNCF</b>	Société Nationale des Chemins de fer Français
<b>SPV</b>	Service de la Protection des Végétaux
<b>UIPP</b>	Union des Industries de Protection des Plantes
<b>Unep</b>	Union des entreprises du paysage
<b>UV</b>	Ultra-violet
<b>ZNA</b>	Zone Non Agricole

## INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DES OBJECTIFS

Suite aux nombreux travaux épidémiologiques menés dès les années 80 et aux données toxicologiques disponibles, il est aujourd'hui admis que l'usage des pesticides, en particulier professionnel, est associé à diverses pathologies (cancers, maladies neurodégénératives, altérations des fonctions de reproduction, etc.). Cependant, des interrogations demeurent concernant des matières actives spécifiques, certains impacts de santé, l'effet d'expositions combinées, les différences selon des caractéristiques individuelles (co-morbidités, vulnérabilités),... La plupart des connaissances acquises sur les effets des pesticides sur la santé humaine proviennent d'études réalisées sur des populations professionnellement exposées, car les expositions sont souvent plus intenses, plus longues et plus faciles à caractériser que dans la population générale. Dans ce contexte, les agriculteurs ont naturellement été au cœur des recherches ces dernières décennies, et ont notamment été inclus dans de grandes cohortes permettant de suivre leur santé et les liens avec leurs expositions. Bien que les agriculteurs soient les principaux utilisateurs de pesticides en termes de quantité et de nombre de matières actives utilisées, ils n'en sont pas pour autant les seuls utilisateurs. En effet, le secteur des espaces verts est également fortement utilisateur de pesticides depuis de nombreuses années. Pourtant, peu d'études ont été menées auprès des travailleurs exerçant dans ce secteur. Les usages de pesticides dans les espaces verts comportent de nombreuses spécificités en termes de substances utilisées (usages importants d'herbicides totaux tels que le glyphosate, lutte contre des maladies et des insectes spécifiques aux plantes d'ornement), de matériel utilisé (fréquence de l'utilisation des pulvérisateurs à dos), de contextes d'usage (pulvérisation vers le haut, en serre pour les plantes ornementales), fréquence des contacts avec des végétaux lors de tâches diverses (plantations, taille, etc.) et de réglementation. Les études épidémiologiques conduites sur cette population sont rares et combinent, pour la plupart, ces travailleurs avec d'autres applicateurs de pesticides tels que les agriculteurs. Les quelques études réalisées indiquent des risques accrus de sarcomes des tissus mous, leucémies, myélomes multiples, lymphomes non-Hodgkiniens et cancers de la peau, du système nerveux central, de la prostate et du pancréas. Des risques élevés de Parkinson et des effets sur la reproduction ont également été mis en évidence. Cependant, la grande majorité de ces études n'ont pas les outils nécessaires pour caractériser correctement l'exposition aux pesticides, ce qui diminue grandement la robustesse des résultats. L'évaluation des expositions est un axe central dans les études épidémiologiques, mais se révèle être un défi majeur lorsque l'on s'intéresse aux expositions aux pesticides. Aujourd'hui, les connaissances sur les utilisations passées dans le secteur des espaces restent très limitées et les études d'expologie sont encore rares. Si la réglementation concernant l'usage de pesticides dans les espaces verts a récemment évolué, tendant à les diminuer ou à les interdire dans leurs formulations conventionnelles (Loi Labbé),

les effets des expositions passées restent actuels et les nouveaux modes de lutte contre les nuisibles méritent également d'être questionnés.

Dans ce contexte, les objectifs de cette thèse étaient d'étudier les expositions aux pesticides, passées et présentes, chez les travailleurs des espaces verts et d'analyser des effets de santé. Pour y répondre, ce travail s'est appuyé sur une démarche pluridisciplinaire associant épidémiologie, expologie, toxicologie et ergonomie et s'est articulé autour de trois axes, constituant les 3 parties de ces travaux :

➤ **Retracer l'historique des utilisations de pesticides**

Il s'agissait d'établir une méthode permettant de reconstituer les utilisations de pesticides dans le secteur des espaces verts en incrémentant la matrice cultures-expositions Pestimat avec les données spécifiques à ce secteur, des années 1950 à aujourd'hui.

➤ **Étudier l'état de santé des travailleurs en espaces verts**

À partir d'une sous-cohorte de travailleurs en espaces verts identifiés au sein de la cohorte Agrican (AGRIculture & CANcer), des analyses statistiques ont permis de décrire l'état de santé de cette population ainsi que la mortalité et l'incidence de certains cancers. En complément, nous avons testé la possibilité d'utiliser les données de la matrice Pestimat en étudiant le rôle d'une famille d'insecticides utilisée dans ce secteur (les pyréthriinoïdes) dans la survenue du cancer de la prostate et du sein.

➤ **Estimer l'exposition aux pesticides en conditions réelles de travail**

Des études de terrain ont été menées auprès de travailleurs des espaces verts pour déterminer les niveaux d'exposition cutanée et respiratoire aux pesticides en conditions réelles de travail. Ces études permettront à terme de quantifier les contaminations et d'identifier les déterminants associés au niveau d'exposition. Les données seront ainsi utilisées pour construire des algorithmes permettant de calculer des niveaux d'exposition dans les études épidémiologiques telles qu'Agrican.

# 1 CONTEXTE

## 1.1 LE SECTEUR DES ESPACES VERTS

### 1.1.1 DEFINITION

Les espaces verts, s'ils semblent faire sens dans le langage courant, ne sont cependant pas définis de manière consensuelle et l'acceptation de ces termes varie d'une discipline à l'autre. Le terme englobe généralement des espaces contenant de la végétation et qui sont accessibles à l'Homme (Taylor and Hochuli, 2017). Il apparaît pour la première fois en 1925 et est attribué à J.C.N. Forestier qui définit les espaces verts comme un « *espace végétalisé, public ou privé, localisé à l'intérieur des zones urbaines ou urbanisables, et faisant l'objet d'une classification en typologie* » (Mehdi et al., 2012). Dans cette première définition apparaissent très clairement deux concepts : la présence de « verdure » et l'appartenance au milieu urbain. La circulaire du 22 février 1973 vient apporter des précisions et « *définit les espaces verts de manière très extensive : les parcs, les jardins, les squares, les plantations d'alignement et les arbres d'ornement intramuros, de même que les bois, les forêts, les espaces naturels et ruraux périurbains sont considérés comme des espaces verts (chlorophylliens)* » (Journal Officiel du 20 mars 1973). En 1976, Corino et Muret tentent alors de décrire ces espaces de façon plus généraliste et les définissent comme des « *espaces de bonne dimension à dominance végétale tolérant une grande variété de formules susceptibles d'accueillir divers aménagements de plus faible superficie et accessibles au public* » (Mehdi et al., 2012). En 1980, Gaouar reprend la notion d'espace végétalisé en y précisant le caractère urbain : « *espaces plantés, fleuris, constituant une zone verte dans un centre urbain, suburbain ou périurbain. [...] espace domanial ou communal qui est déjà aménagé au public durant toute l'année* » (Gaouar, 1980). À partir de 1991, une notion importante vient faire son apparition dans la définition de ces espaces : celle d'un espace dédié aux loisirs. Ainsi, Larcher et Dubois les définissent comme des « *espaces de surface variable, boisés ou plantés assurant un rôle biologique et destinés aux repos, loisirs, activité culturelle et sportives* » (Larcher and Dubois, 1991). On comprend alors qu'il s'agit d'espaces d'origine naturelle ou anthropique, conçus à des fins récréatives. Il y a donc une notion d'interaction entre l'Homme et cet environnement.

En 1995, l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF) a établi une typologie comportant 13 catégories (Mehdi et al., 2012) :

1. Parcs et squares
2. Accompagnement de voies
3. Accompagnement de bâtiments publics
4. Accompagnement d'habitations
5. Établissements industriels et commerciaux

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 6. Établissements sociaux éducatifs | 11. Établissements horticoles                               |
| 7. Sports                           | 12. Espaces naturels aménagés                               |
| 8. Cimetières                       | 13. Arbres d'alignements de formes architecturées et libres |
| 9. Campings                         |   |
| 10. Jardins familiaux partagés      |   |

Plusieurs éléments intéressants apparaissent alors dans cette nouvelle typologie dont «l'accompagnement des voies». Cela fait référence à la voirie et aux abords d'infrastructures routières. La notion d'accès au public subsiste, mais celle de verdure et de végétalisation, qui était centrale dans les définitions précédentes, disparaît. D'autres espaces font aussi leur entrée dans cette définition comme les cimetières ou encore les établissements horticoles. À la suite de cette typologie, une nouvelle terminologie apparaît pour décrire ces espaces, qui sera largement reprise dans le premier plan Ecophyto : on parle alors de « zones non agricoles ». Elles sont définies comme des : «*espaces aménagés et/ou végétalisés où les plantes ne sont pas cultivées à des fins commerciales*» (DGA, 2015). Ces espaces comprennent des compartiments entretenus par un public professionnel :

- Espaces communaux, collectivités territoriales, espaces privés (jardins, espaces verts, parcs d'attraction et de loisirs, abords de bâtiments, voirie, trottoirs, terrains de sport, cimetières, cours et plans d'eau, et zones subaquatiques, arboretums, etc.),
- Réseaux de communication (routes et autoroutes, chemins de fer, aéroports, zones fluviales et portuaires) et leurs abords et accotements,
- Zones engazonnées (terrains de sports, golfs, hippodromes, pelouses d'espaces collectifs divers),
- Zones industrielles en activité (sites de production, de transformation et de transport d'électricité, installations classées Seveso, ou non, centres de fret, aires de stockage, etc.) et friches industrielles,
- Enceintes militaires
- Forêts suburbaines et autres espaces naturels

Et des compartiments entretenus par un public non professionnel amateur : espaces dits «jardins amateurs» et jardins partagés dont les espaces cultivés plantés d'espèces fruitières, potagères ou ornementales, abords de maison, allées de jardin.

La définition est donc à présent beaucoup plus vaste qu'un simple espace urbain végétalisé et englobe très clairement les infrastructures de communication ainsi que d'autres



zones nécessitant un entretien de la végétation. De plus, cette définition précise qu'il y a deux types de zones : d'une part les zones entretenues par des professionnels et d'autre part les espaces entretenus par les amateurs. Le terme « zone non agricole » a été par la suite remplacé par l'acronyme JEVI pour Jardins, Espaces Végétalisés et Infrastructures, un terme qui est notamment employé dans le Plan Ecophyto 2.

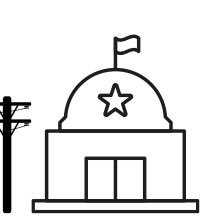
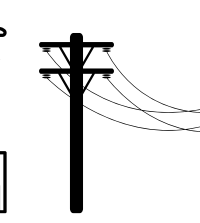
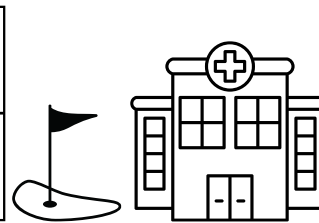
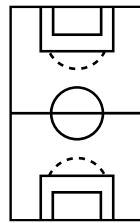
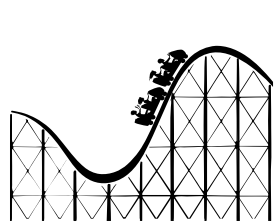
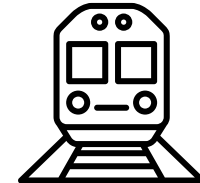
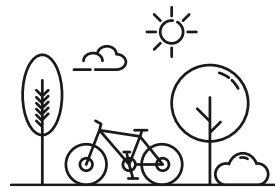
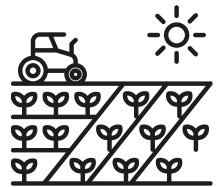
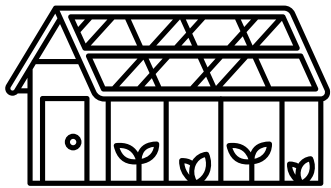
Dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons choisi de nous baser sur la définition des zones non agricoles et JEVI détaillée ci-dessus. Cependant, l'objectif étant la santé des travailleurs, nous avons exclu les jardiniers non professionnels amateurs. De plus ont été intégrés les professionnels spécialisés dans la production de fleurs et de plantes d'ornement. Ce secteur qui apparaissait déjà dans la typologie de l'Association des Ingénieurs territoriaux de France en 1995 sous l'appellation « établissements horticoles » nous paraissait intéressant pour plusieurs raisons. Premièrement, un certain nombre de municipalités possèdent leur propre serre de production de végétaux qui sont utilisés ensuite pour végétaliser les espaces publics. Nombreux sont donc les jardiniers du secteur public qui travaillent à la fois en ville pour l'entretien et en production. Il nous paraissait donc important de prendre en compte cet environnement de travail. Cela nous a amenés à nous questionner sur les exploitations privées spécialisées dans ce type de végétaux. Ces produits constituent l'une des matières premières des jardiniers qui les manipulent directement lors de la création, l'aménagement et l'entretien des espaces publics et privés. L'objectif de cette thèse étant l'exposition aux pesticides chez les travailleurs en espaces verts, il était primordial de prendre en compte toute la chaîne : de la production des végétaux où des traitements sont déjà appliqués, à leur utilisation sur le terrain. Cela nous permet d'avoir une vision d'ensemble des expositions aux pesticides dans ce secteur.

Pour résumer, nous avons intégré dans la définition des espaces verts (**Figure 1**) :

- Les zones non agricoles (ou JEVI) entretenues par un public professionnel (DGA, 2015)
- La production de végétaux d'ornement (horticulture spécialisée dans la production florale et pépinières d'ornement).

PRODUCTION DE VEGETAUX D'ORNEMENT

ZONES NON AGRICOLES



PRODUCTION : Fleurs, massifs, arbres & arbustes d'ornement pour une partie du secteur des espaces verts

CREATION : Préparation et mise en œuvre des végétaux, semences, aménagement des espaces, etc.

ENTRETIEN : Tontes, tailles, nettoyage, fleurissement, lutte contre les maladies, désherbage, etc.

ENTRETIEN : Désherbage (mise en sécurité)

FIGURE 1: DESCRIPTION DES ESPACES VERTS INCLUS DANS LA THESE

### 1.1.2 TRAVAILLEURS INCLUS

En cohérence avec la définition que nous avons retenue, les travailleurs en espaces verts peuvent exercer dans le secteur public ou le secteur privé.

Les travailleurs du secteur public sont rattachés aux collectivités territoriales (communes, départements et régions) ainsi qu'aux établissements publics. Les travailleurs sont souvent regroupés sous le terme «Agents des espaces verts», mais de nombreuses appellations sont couramment utilisées : employés des espaces verts, jardiniers municipaux/communaux/cantonniers, employés municipaux, agents d'entretien des espaces verts, agents de collectivité, etc. Au sein de ce secteur, des métiers plus spécifiquement existent : concepteur-paysagiste, coordonnateur de la gestion des espaces verts, responsable de production végétale, chargé des travaux en espaces verts, élagueur, etc. Ils dépendent de la Fonction Publique Territoriale et plus spécifiquement de la filière « technique ». Ils peuvent être fonctionnaires, contractuels ou en contrat aidé (lorsque l'employeur perçoit une aide de l'État) et appartenir à la catégorie A, B ou C<sup>1</sup> selon leur niveau d'étude et de qualification. Dans la filière « technique », les travailleurs en espaces verts peuvent exercer à plusieurs niveaux : en tant que directeur du service, ingénieur, technicien, agent de maîtrise ou adjoint technique. Les jardiniers de terrain sont le plus souvent compris dans la catégorie des techniciens, agents de maîtrise et adjoints techniques. En 2020, on estime que, sur les 855 000 personnes appartenant à la filière « technique » du secteur public, plus de 82 % travaillent en tant que technicien, agent de maîtrise ou adjoint technique (Insee, 2022). Cependant, ce pourcentage regroupe d'autres activités et il est difficile d'avoir un chiffre exact d'agents des espaces verts employés dans la fonction publique. La plupart sont considérés comme « agents des collectivités », ce qui n'est pas spécifique du secteur des espaces verts. Parmi les jardiniers du secteur public, la plupart exercent au sein du service espaces verts de la municipalité – si cette dernière est de taille suffisante pour en être dotée – mais ils peuvent également exercer au sein de services spécifiques tels que le service sport ou encore le service du réseau routier.

Le secteur privé est un fort pourvoyeur d'emplois dans le secteur des espaces verts. En 2020, on compte plus de 30 000 entreprises (+13 % en dix ans) et 109 900 actifs (+19 % en dix ans), dont 83 100 salariés. Plus de 60 % de ces entreprises n'ont pas de salariés et 23,5 % comptent entre 1 et 5 salariés (UNEP, 2021). Ces travailleurs sont en très grande majorité des hommes (88 %), mais la profession semble se féminiser avec une augmentation des effectifs féminins de près de 33 % en 2 ans, entre 2018 et 2020. Qu'ils soient salariés ou entrepreneurs,

---

<sup>1</sup> Catégorie A : Emplois de direction, de conception et d'encadrement (accessible à partir de la licence)

Catégorie B : Emplois d'application et de rédaction (accessible à partir du bac ou diplôme équivalent)

Catégorie C : Emplois d'exécution (accessible sans condition de diplôme)

plus d'un tiers ont un baccalauréat ou un diplôme équivalent. Plus de 55 % du chiffre d'affaires des entreprises du paysage sont générés par la création de jardins et d'espaces verts et 43 % par l'entretien des jardins. Les trois quarts des travaux sont réalisés chez les particuliers et auprès d'entreprises privées et le quart restant concerne les marchés publics (État, collectivités territoriales, etc.). La plupart des entreprises du paysage exercent sur tous les types d'espaces verts, mais certaines sont spécialisées par exemple dans la création et l'entretien des terrains de sport engazonnés (dont les golfs) ou encore dans le désherbage de sites industriels, voiries et autres infrastructures.

Le secteur privé comporte également les exploitations horticoles et les pépinières ornementales. En France en 2019, on compte 2936 entreprises spécialisées dans cette production, ce qui représente plus de 15000 ha de production (dont 1500 couverts) (FranceAgriMer, 2021). La production ornementale représente 1,8 % du nombre total des exploitations agricoles et 4,3 % de l'emploi agricole. On compte en 2019, 16581 travailleurs, dont 10605 sont salariés. Concernant les types de végétaux produits, 35 % sont des plants de pépinières, 36 % des plantes en pots ou à massifs et seulement 6 % des fleurs coupées. Près de 37 % des ventes sont réalisées auprès des jardinerie, grossistes, fleuristes et particuliers et 13,5 % auprès des entreprises du paysage et des collectivités. La majorité des entreprises sont des très petites et petites entreprises (33 % n'ont pas de salarié et 44 % comptent entre 1 et 4 salariés). La moyenne d'âge est estimée à 48 ans et l'on compte une majorité d'hommes (55 %) (FNPHP, 2021).

Enfin, de nombreuses entreprises privées, mais aussi des établissements publics, possèdent leur propre service espace vert. C'est le cas par exemple de la Société Nationale des Chemins de fer Français (SNCF), la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP), les sociétés d'autoroutes, des aéroports ou encore certains terrains de sport et golfs privés. Dans le cas des infrastructures de communication, les personnes employées réalisent principalement des opérations de débroussaillage, élagage et désherbage. Dans le cas des terrains de sport, leurs missions sont variées : de la création des pelouses, à l'entretien en passant par l'embellissement des espaces.

**TABLEAU 1 : EMPLOIS INCLUS DANS LE TRAVAIL DE RECHERCHE (PCS: PROFESSIONS ET CATEGORIES SOCIOPROFESSIONNELLES), ROME (REPertoire OPERATIONNEL DES METIERS ET DES EMPLOIS)**

Famille professionnelle 2009	Code PCS 2003	Code ROME (V3)	Métiers	Tâches principales	Environnement de travail
Jardiniers salariés	691a	A1201: Bûcheronnage et élagage	Arboriste; Bûcheron; Élagueur/éhoupeur	Opération de coupe et d'entretien d'arbres (abattage, élagage, taille) sur sites forestiers, voies départementales, parcs et jardins, etc.	Centre régional de la propriété forestière; Collectivité territoriale; Entreprise des travaux forestier/du paysage; ONF
		A1202: Entretien des espaces naturels	Agent d'aménagement des haies, fossés, circuits pédestres, équestres, etc. ; Agent d'entretien/Chef d'équipe/Ouvrier de l'espace rural, des espaces naturels, etc.	Aménagement et entretien des écosystèmes, installation d'équipement	Collectivité territoriale, parc naturel
		A1203: Aménagement et entretien des espaces verts	Agent/chef d'équipe/ouvrier d'entretien des parcs et jardins; Aide jardinier; Chef d'équipe/Ouvrier paysagiste; Jardinier; Manœuvre des espaces verts; Technicien paysagiste	Aménagement et entretien des espaces verts (parcs, jardins, terrains de sport, etc.) et des décors végétaux d'intérieur ou d'extérieur; Aménagement des ouvrages paysagers, maçonneries, installation mobilier urbain	Agence et syndic immobilier, collectivité territoriale, entreprise du paysage, infrastructure sportive
Entrepreneurs des parcs et jardins, paysagiste	211 j	F1101 : Architecture du BTP et du paysage	Architecte/concepteur paysagiste	Réalisation de la conception et étude du projet d'aménagement	Bureau d'étude, collectivité territoriale, cabinet d'architectes
Ouvriers non qualifiés de l'assainissement et du traitement des déchets	684 b	I1202 : Entretien et surveillance du tracer routier	Agent d'entretien de la voirie, cantonnier de la voirie, ouvrier autoroutier	Surveillance de la viabilité du réseau routier et des équipements, intervention de sécurisation et d'entretien	Aéroport; Collectivité territoriale; Société d'autoroute
Maraîchers, horticulteurs indépendants	111 b 121 b 131 b	A1414: Horticulture et maraîchage	Chef d'exploitation/d'équipe/ouvrier en maraîchage-horticulture ; Chef de culture floriculture, horticole, pépinière; Conducteur de travaux/Ouvrier horticoles, pépiniéristes, serriste; Rosériste	Réalisation des opérations de mise en culture (semis, repiquage, traitement, récolte, etc.), d'espèces végétale, opération de conditionnement des produits récoltés	Entreprise de maraîchage, horticole; Pépinière; Exploitation agricole
Maraîchers, horticulteurs salariés	691c	A1402: Aide agricole de production légumière ou végétale	Aide agricole en maraîchage-horticulture, en production florale; Aide horticole	Réalisation des opérations manuelles d'entretien des cultures et de récolte des végétaux, opération de conditionnement des produits, préparation des commandes	Entreprise de maraîchage, horticole; Exploitation agricole
Viticulteurs, arboriculteurs salariés	691 d	A1405: Arboriculture et viticulture	Arboriculteur (ornemental),	Réalisation des opérations culturales arboricoles (préparation des sols, plantations, taille, etc.), opération de transformation, conditionnement ou commercialisation des produits	Exploitations arboricoles, exploitation agricole, pépinière

Le tableau 1 récapitule les emplois concernés par ce travail de thèse avec les codes Professions et Catégories Socioprofessionnelles (PCS) 2003 qui est la nomenclature éditée par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (Insee) et la correspondance avec le Répertoire Opérationnel des Métiers et des Emplois (ROME) (V3 de la nomenclature de Pôle Emploi) (**Tableau 1**).

## 1.2 PESTICIDES

### 1.2.1 DEFINITION ET GENERALITES

Du latin « *pestis* » (fléau) et « *caedere* » (tuer), le terme « pesticide » englobe un ensemble de substances chimiques utilisées pour lutter contre des nuisibles et leurs effets. Il est défini par le Larousse comme étant un « *produit chimique destiné à lutter contre les parasites animaux et végétaux nuisibles aux cultures et aux produits récoltés* » (Larousse, 2022). Ce terme a progressivement été remplacé dans les textes de loi et le langage courant par les termes « produits phytosanitaires » ou « phytopharmaceutiques » qui se réfèrent davantage à des notions de protection des végétaux (« *phyto* » en grec) qu'à la destruction des nuisibles. Pour l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO pour *Food and Agriculture Organization of the United Nations*), les pesticides désignent « *toute substance ou association de substances destinées à repousser, détruire ou combattre les ravageurs et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux ou pour la régulation de la croissance des végétaux* » (FAO, 2002). Dans la législation européenne, le terme pesticide regroupe l'ensemble des produits phytopharmaceutiques, produits biocides, médicaments vétérinaires et médicaments à usage humain. Ces quatre catégories sont régies par des réglementations distinctes.

#### ➤ Produits phytopharmaceutiques

Également souvent appelés par certains acteurs « produits phytosanitaires » ou « produits de protection des plantes », les produits phytopharmaceutiques désignent les substances actives ou préparations destinées à :

- Protéger les végétaux ou des produits végétaux contre tout organisme susceptible d'être nuisible;
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux;
- Assurer la conservation des produits végétaux;
- Détruire les végétaux (ou parties de végétaux) indésirables ou prévenir une croissance indésirable.

La réglementation de ces produits est fixée au niveau européen par le règlement (CE) n°1107/2009 du 21 octobre 2009. La grande majorité des produits utilisés en agriculture et dans les zones non agricoles dépendent de cette réglementation.

➤ Produits biocides

Ils regroupent les substances ou préparations destinées à combattre les organismes nuisibles par une action chimique ou biologique. Ils désignent des produits qui ne sont ni des médicaments destinés à l'Homme ou aux animaux ni des produits phytopharmaceutiques. On y retrouve par exemple des désinfectants qui vont être utilisés sur des espaces publics (piscines municipales, toilettes, hôpitaux, etc.), les produits de protection du bois ou des matériaux de construction ou encore les produits de lutte contre les parasites tels que les rodenticides. Leur mise sur le marché et leur utilisation est encadrée par la réglementation (CE) n°528/2012 du 25/05/12.

➤ Médicaments à usage vétérinaire

Ces substances utilisées très largement en élevage possèdent des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies animales. Elles sont réglementées par la Directive 2004/28/CE du Parlement Européen et du Conseil du 31 mars 2004 qui les définit comme étant des substances pouvant être utilisées en vue de « restaurer, corriger ou modifier les fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique ». Dans la catégorie des pesticides, les principaux médicaments à usage vétérinaires sont les médicaments antiparasitaires, auxquels peuvent être ajoutés des antifongiques.

➤ Médicaments à usage humain

L'article L.5111.1 du Code de la Santé Publique définit le médicament à usage humain comme étant « toute substance ou composition présentée comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines, ainsi que toute substance ou composition pouvant être utilisée chez l'homme ou pouvant lui être administrée, en vue d'établir un diagnostic médical ou de restaurer, corriger ou modifier ses fonctions physiologiques en exerçant une action pharmacologique, immunologique ou métabolique ». Ils sont réglementés par la Directive 2004/27/CE du Parlement Européen et du Conseil du 31 mars 2004. Dans cette catégorie, les principaux pesticides sont les produits contre les poux et contre la gale.

Les pesticides sont souvent classés en fonction de leur cible principale. On retrouve les herbicides qui luttent contre les plantes adventives (ou mauvaises herbes) des cultures, les fongicides qui ciblent les champignons pathogènes et les insecticides qui luttent contre les

insectes nuisibles. À cela viennent s'ajouter d'autres groupes tels que les acaricides, rodenticides, nématicides, taupicides, etc.

### 1.2.2 CADRE REGLEMENTAIRE POUR L'HOMOLOGATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES

Depuis le 14 juin 2011, les produits phytopharmaceutiques sont couverts par le règlement européen (CE) n°1107/2009 qui a abrogé les directives 79/117 CE et 91/414 CE. Ce texte établit la procédure d'évaluation des risques et les règles autorisant leur mise sur le marché. Il s'applique aux substances actives, aux synergistes<sup>2</sup>, coformulants<sup>3</sup> et adjuvants<sup>4</sup>. Le processus d'homologation se déroule en deux étapes. La première consiste en une évaluation des matières actives au niveau européen et la seconde en l'évaluation des préparations commerciales au niveau national.

#### ➤ Évaluation européenne

Le fabricant fournit un dossier complet présentant une analyse des risques de sa molécule vis-à-vis de la santé humaine, animale et de l'environnement. Il doit fournir les preuves de la non-nocivité de la molécule et doit préciser les conditions d'utilisation (culture(s), doses, période d'application, fréquences et les pratiques agricoles associées) et démontrer l'efficacité. C'est l'Agence européenne de sécurité alimentaire (Efsa pour European Food Safety Authority) qui fixe le cadre réglementaire des méthodes scientifiques qui doivent être employées. Ce dossier est ensuite remis à un État membre qui sera en charge de son évaluation et deviendra donc le rapporteur. Trois zones géographiques ont été définies au sein de l'Europe (**Figure 2**) et l'autorisation repose sur le principe de reconnaissance mutuelle entre les États membres.

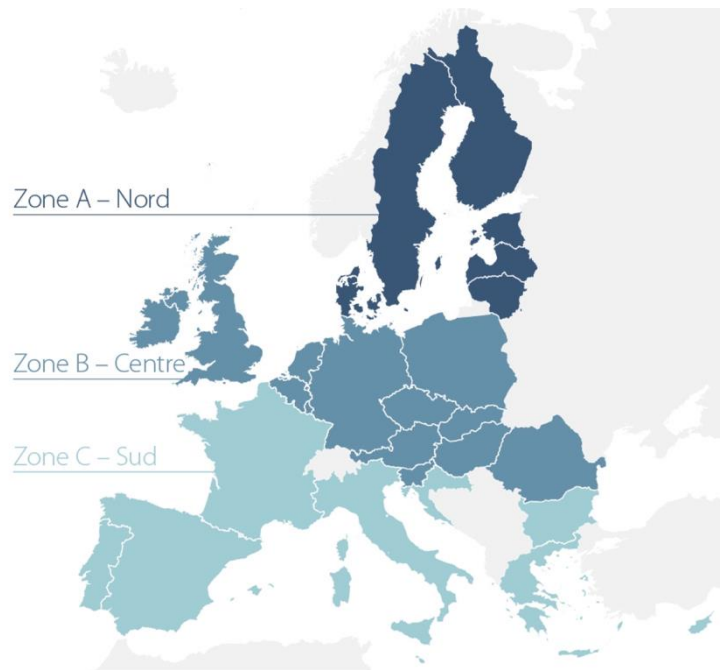
---

<sup>2</sup> Substance ou préparation susceptible de produire une synergie lorsqu'elle est associée à un produit phytopharmaceutique (Végéphy).

<sup>3</sup> Substance ou préparation utilisée dans un produit phytopharmaceutique ou un adjuvant, mais qui n'est pas une substance active (Règlement (CE) n°1107/2009)

<sup>4</sup> Préparation dépourvue d'activité phytopharmaceutique mais capable de modifier les propriétés physico-chimiques ou biologiques des substances actives auxquelles elles sont associées





**FIGURE 2:** REGROUPEMENT DES ÉTATS MEMBRES POUR L’HOMOLOGATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES. SOURCE : SERVICE DE RECHERCHE DU PARLEMENT EUROPEEN (EPRS).

La France appartient à la zone «Sud» et l’évaluation du dossier est réalisée par l’Agence nationale de sécurité sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail (Anses). L’État rapporteur remet ses conclusions à l’Efsa qui centralise l’information et émet un rapport d’examen à la Commission européenne. Cette dernière vote l’inscription ou non de la molécule à l’annexe I du règlement UE/540/2011. Une molécule peut se voir refuser l’autorisation de mise sur le marché (AMM) si ont été identifiés des effets cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques avérés ou présumés (groupe 1A ou 1B selon la classification européenne CLP (Classification, Labelling and Packaging)) ainsi que des perturbations du système endocrinien pour l’Homme ou l’environnement. De même, toute substance considérée comme polluant organique persistant (POP) ou polluant persistant, bioaccumulable et toxique (PBT) ne sera pas autorisée.

➤ Évaluation nationale

Une fois la substance active approuvée au niveau européen, l’industriel dépose une demande d’autorisation de mise sur le marché pour une préparation commerciale dans chaque État membre où il souhaite commercialiser son produit. En France, c’est à nouveau l’Anses qui est chargée de l’évaluation scientifique. Elle va s’assurer que la préparation commerciale est bien composée de substances actives autorisées au niveau européen, qu’elle est efficace dans les conditions normales d’utilisation et qu’elle ne présente pas de risque pour la santé humaine

et animale et pour l'environnement. L'autorisation délivrée à l'issue de cette évaluation est valable pour une durée ne pouvant excéder 10 ans, variable en fonction de la dangerosité du produit. Elle est accordée pour un usage précis qui se définit par la ou les cultures, la nuisance ciblée et les conditions d'application. Les autorisations sont délivrées pour une des gammes d'usages suivants :

- Gamme d'usages professionnels
- Gamme d'usages amateurs où l'on retrouve la mention « emploi autorisé dans les jardins » (EAJ).

Le nombre de substances pesticides qui ont été mises sur le marché depuis les années 50 est estimé à plus de 1000. Le nombre de substances présentes sur le marché à un moment donné varie en fonction des nouvelles autorisations et des retraits. En 2021, 466 substances actives étaient autorisées en Europe - dont 319 autorisées en France - et 1 700 préparations commerciales détenaient une autorisation en France. Sur les 10 premiers mois de 2022, l'Anses a retiré en moyenne 9 produits commerciaux par mois et en a autorisé 7 nouveaux (Anses, 2022).

### **1.2.3 PRODUITS DE BIOCONTROLE, SUBSTANCE DE BASE ET PRODUITS AUTORISES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE**

Face à la montée des préoccupations vis-à-vis de la dangerosité des pesticides sur la santé humaine et sur l'environnement, la volonté de diminuer leurs usages s'est inscrite ces dernières années dans les politiques publiques de nombreux pays. En France, le plan Ecophyto I, initié en 2008, avait pour objectif de réduire de 50 % les utilisations des produits phytopharmaceutiques dans un délai de 10 ans. Ces résultats n'ont cependant pas été atteints en 2018. En partant de ce constat, le plan Ecophyto II a pour objectif de poursuivre la réduction des usages et de promouvoir les méthodes alternatives telles que la lutte biologique appelée également biocontrôle. Cette méthode utilisée depuis la naissance de l'agriculture est fondée sur la gestion des équilibres des populations d'agresseurs plutôt que sur leur éradication comme c'est le cas avec les produits phytopharmaceutiques « conventionnels ». Les produits de biocontrôle sont définis à l'article L.232-6 du code rural et de la pêche maritime comme « *des agents et des produits utilisant des mécanismes naturels dans le cadre de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures* ». On distingue quatre familles de produits de biocontrôle : les macroorganismes (acariens, insectes, nématodes, etc.), les microorganismes (champignons,

bactéries, virus), les médiateurs chimiques (phéromones d'insectes, kairomones<sup>5</sup>, etc.) et les substances naturelles d'origine végétale (ex. : prêle), animale (ex. : petit lait) ou minérale (ex. : kaolin) (Convention ITAB-ONEMA, 2013).

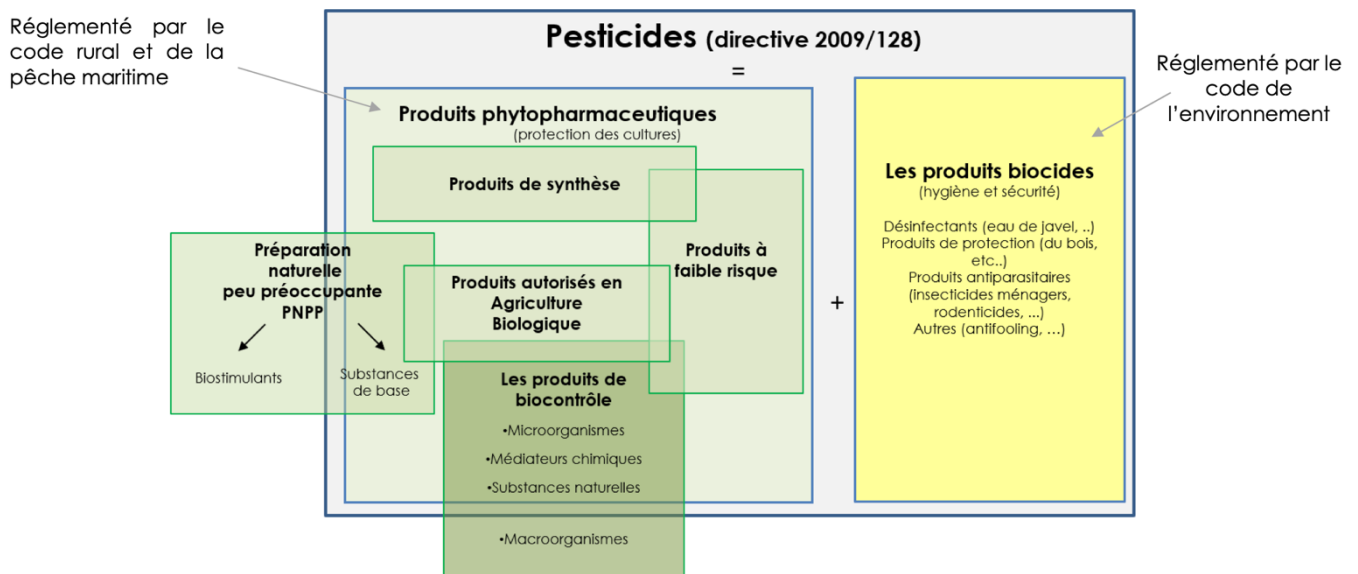
La mise sur le marché des produits de biocontrôle dépend de la même réglementation que les produits phytopharmaceutiques, à savoir le règlement européen (CE) n°1107/2009. Cependant, la procédure d'évaluation de ces produits et leur demande d'autorisation de mise sur le marché sont simplifiées afin d'accélérer leur mise sur le marché et répondre aux objectifs du plan Ecophyto II. Cette simplification est appliquée en fonction des catégories de produits définies par le règlement européen qui distingue : les substances de base, les substances à faible risque et les produits autorisés en agriculture biologique.

- Les **substances de base** sont définies comme étant des «substances, principalement non utilisées comme des produits phytopharmaceutiques, mais qui sont utiles pour la protection des végétaux et dont l'intérêt économique pour faire approuver ces substances peut être limité» (Règlement (CE) n°1107/2009). On retrouve par exemple l'ortie, le vinaigre blanc ou encore la bière. Pour être approuvée comme substance de base, cette dernière ne doit pas être i) «préoccupante»; ii) neurotoxique, immunotoxique ou perturbateur endocrinien et iii) mise sur le marché en tant que produit phytopharmaceutique. Elles sont approuvées au niveau européen pour une durée illimitée et pour tous les États membres de l'Union Européenne. Si un produit phytopharmaceutique ne contient que des substances de base approuvées, il n'a pas besoin d'une AMM. Ces produits sont également appelés Préparations Naturelles Peu Préoccupantes (PNPP).
- Les **substances à faible risque** sont définies par l'article 22 comme étant des substances jugées non préoccupantes, car elles ne sont pas capables de provoquer des effets néfastes pour l'Homme, l'animal et l'environnement. Elles ne doivent pas être cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques, perturbateurs endocriniens, neurotoxiques, immunotoxiques, sensibilisantes, explosives, corrosives, persistantes, bioaccumulables. Ces substances sont approuvées au niveau européen pour une durée ne pouvant excéder 15 ans. On retrouve par exemple la farine de sang, le sulfate d'ammonium et d'aluminium ou encore le soufre.
- Les **produits autorisés en agriculture biologique** doivent suivre la même procédure d'homologation que les produits phytopharmaceutiques et doivent également être

---

<sup>5</sup> Médiateur chimique qui, dans les relations interspécifiques, profite à l'organisme récepteur.

conformes à la réglementation encadrant la production en agriculture biologique : règlement (UE) 2018/848 qui remplace les deux anciens règlements (CE) n°834/2007 et n°889/2008. Les produits autorisés en agriculture biologique sont exclusivement des produits d'origine naturelle (végétale, animale ou minérale) (ITAB, 2016). Ces produits peuvent également être des produits à faible risque ou de biocontrôle. En 2019, 316 produits phytopharmaceutiques sont utilisables en agriculture biologique tels que les pyrèthres naturels, le spinosad, l'huile essentielle d'orange douce ou encore le cuivre.



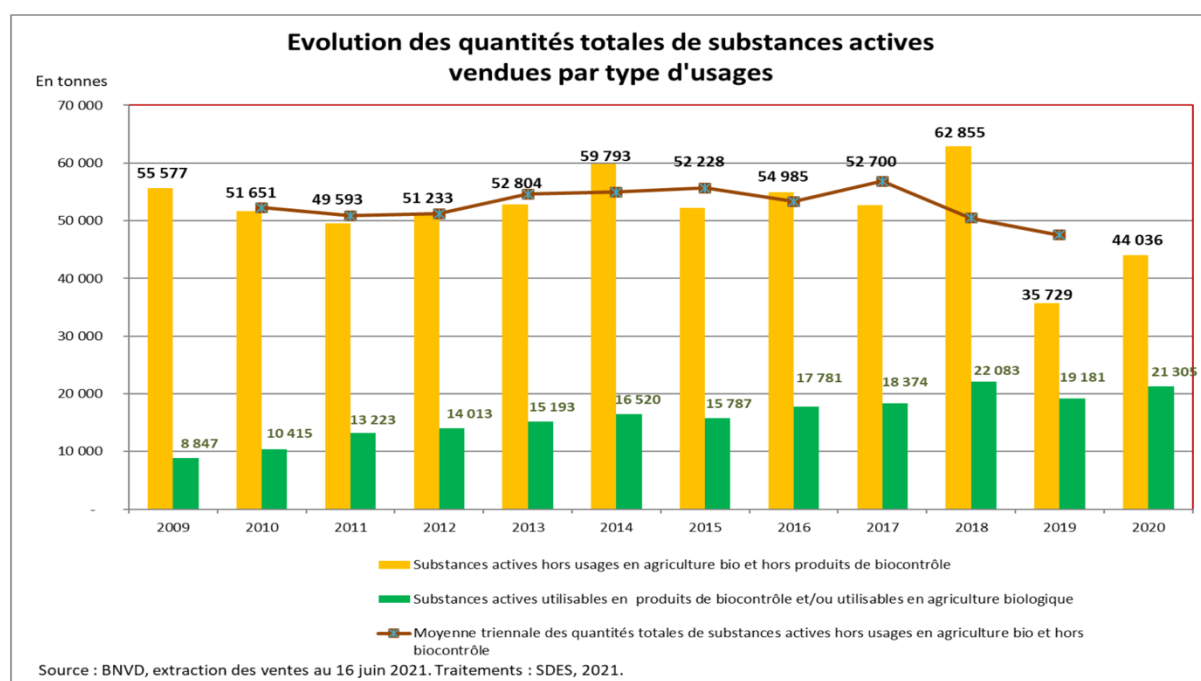
**FIGURE 3 :** SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTS TERMES UTILISÉS POUR DÉCRIRE LES PESTICIDES. SOURCE : PROXALYS ENVIRONNEMENT

La **Figure 3** résume les différents types de pesticides et les réglementations qui les régissent. Les produits de biocontrôle, produits à faible risque, substances de base et produits autorisés en agriculture biologique sont aujourd'hui au cœur de la gestion des espaces verts.

#### 1.2.4 UTILISATION DES PESTICIDES EN ESPACES VERTS

L'agriculture représente 90 % des tonnages de pesticides vendus. Les zones non agricoles quant à elles comptabilisent 10 % des tonnages. Au niveau européen, en valeur absolue, la France est le premier utilisateur de pesticides avec environ 65000 de substances actives vendues en 2020 (ministère de l'Agriculture et de la souveraineté alimentaire, 2021). Rapportés au nombre d'hectares de terres cultivées, Chypre et les Pays-Bas occupent

néanmoins les premières places avec respectivement 9,98 kg/ha et 8,8 kg/ha de substances actives appliquées (FAO, 2022). En France, on estime qu'en moyenne 4,46 kg/ha de pesticides sont appliqués, ce qui la situe au-dessus de la moyenne européenne (3,3 kg/ha). Ces comparaisons doivent être réalisées avec prudence, car ces calculs de quantités à l'hectare sont largement influencés par la prise en compte de surfaces forestières, de pâturages et de zones non cultivées, qui sont incluses dans la Surface Agricole Utilisée (SAU) et qui sont particulièrement importantes en France. En France, la vente des pesticides est en légère baisse cette dernière décennie (**Figure 4**). Cependant, ces données sont à nuancer : les ventes rapportées aux surfaces agricoles ont, elles, augmenté en passant de 2,98 kg/ha en 2011 à 3,3 kg/ha en 2019 (FAO, 2022). Concernant les produits de biocontrôle, on observe une augmentation constante ces dix dernières années (+ 140 % depuis 2009).



**FIGURE 4:** ÉVOLUTION DES QUANTITES DE SUBSTANCES VENDUES EN FRANCE ENTRE 2009 ET 2020 (SOURCE : BNVD, EXTRACTION DES VENTES AU 16 JUIIN 2021)

En France, on estime qu'en agriculture environ 43 % du tonnage vendu concerne des herbicides (contre 63 % aux États-Unis et 32 % en Europe), 42 % des fongicides (contre 6 % aux États-Unis et 4 % en Europe), 5 % des insecticides (contre 16 % aux États-Unis et en Europe) et 5 % des régulateurs de croissance (FAO, 2022). Les utilisations varient très fortement d'une culture et d'une région à l'autre. Concernant les espaces verts, les données sont rares et il s'avère difficile d'avoir des données spécifiques à chaque type d'espace vert. On estime que pour la production florale, près de 49 % des produits utilisés sont des insecticides et 40 % des

fongicides (seulement 5 % d'herbicides) (Pereira et al., 2021). Historiquement, la quasi-totalité des produits utilisés sur les espaces verts et les infrastructures (voiries, voies ferrées, etc.) étaient des herbicides. Pour les terrains de sport et les golfs, il s'agit de fongicides (OPECST, 2002). Nous allons voir par la suite que les usages en espaces verts ont cependant fortement évolué ces dernières années, suite à la mise en place de nouvelles réglementations.

Un indicateur fréquemment utilisé pour décrire l'évolution des utilisations de pesticides est le NOMBRE de Doses Unités (NODU) qui correspond au nombre de traitements appliqués à pleine dose sur un hectare. On distingue deux sous-indicateurs : le NODU « usage agricole » et le NODU « usage non-agricole ». En 2019, le NODU « usage agricole », qui prend en compte toutes les cultures agricoles, s'établissait à 78,6 millions d'ha. Rapporté à la SAU, cela correspond à 4,1 traitements à pleine dose par ha (contre 6,5 en 2018). Le NODU « usage non-agricole » était estimé à seulement 176400 ha (dont 71300 ha pour un usage amateur). En effet, dans le NODU « usage non-agricole », les usages amateurs sont intégrés à l'indicateur. Entre la période 2009-2011 et la période 2017-2019, les utilisations en zones agricoles ont légèrement augmenté (+15 %) tandis qu'elles ont drastiquement diminué pour les zones non agricoles (-71 %) (**Figure 5**). Cette diminution est imputable aux nouvelles réglementations encadrant l'usage des pesticides pour les particuliers et pour dans les espaces publics, que nous allons détailler par la suite.

## Évolution du nombre de doses unités (NODU) de produits phytopharmaceutiques

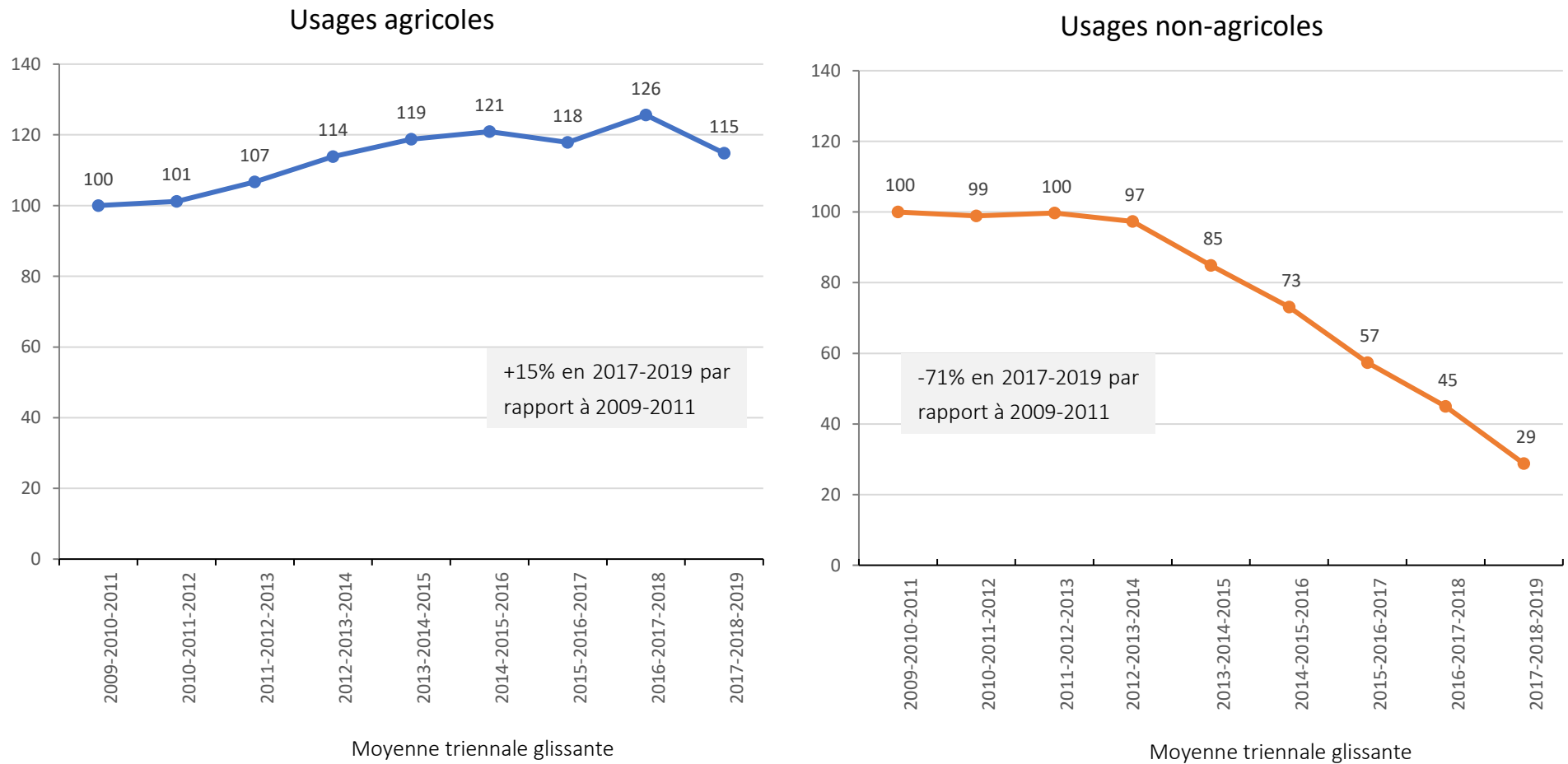


FIGURE 5 : ÉVOLUTION DES NOMBRES DE DOSES UNITES DE PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES : COMPARAISON ENTRE LES USAGES AGRICOLES ET NON-AGRICLES

### 1.2.5 CADRE REGLEMENTAIRE AUTOUR DE L'UTILISATION DES PESTICIDES DANS LES ESPACES VERTS

Contrairement au secteur agricole qui n'a pas connu ces dernières années de changements majeurs dans la législation encadrant les utilisations de pesticides, le secteur des espaces verts a grandement été transformé par la mise en application d'un certain nombre de lois, dont la Loi Labbé (**Figure 6**). Si par le passé, ce secteur a pu être un gros consommateur comme nous le montre l'évolution du NODU (**Figure 5**), une diminution importante des utilisations a été entamée à partir de la période 2012-2014 et se poursuit depuis.

En partant du constat que la plupart des jardiniers amateurs ne se protégeaient pas lors de l'utilisation de pesticides et ne mesuraient pas la dangerosité des substances qu'ils manipulaient, une réflexion autour de ces utilisations a été entamée à la fin des années 1990. Ainsi, à partir de 1999, l'apparition de la mention « Emploi Autorisé dans les Jardins » (EAJ) vient poser une frontière entre le secteur professionnel et l'utilisation des pesticides par les amateurs. Seule une catégorie de produit pourra donc être accessible et utilisée par les particuliers. Un arrêté ministériel définit les substances qui peuvent être incluses dans cette catégorie. Les molécules considérées les plus dangereuses sont donc exclues afin de limiter les expositions des particuliers ainsi que les pollutions environnementales qui découlent de leur utilisation.

L'année 2011 marque le début d'une réglementation plus stricte pour les professionnels du secteur des espaces verts. L'arrêté du 27 juin 2011 mentionne l'interdiction de certains produits phytopharmaceutiques dans les lieux publics et plus particulièrement ceux fréquentés par les enfants, personnes malades et personnes vulnérables. Tous les produits phytopharmaceutiques sont interdits sauf ceux dispensés de tout classement ou affectés seulement d'un classement écotoxicologique. Cet arrêté concerne également les parcs, jardins et terrains de sport et de loisir où sont interdits les produits contenant des substances actives classées comme cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques avérés ou présumés (groupe 1A ou 1B), les substances persistantes, bioaccumulables, toxiques ou explosives. Cette réglementation ne s'applique pas à la voirie et fixe à 50 m la distance minimale entre la zone d'application et les zones mentionnées ci-dessus. De plus, dans cet arrêté, la définition des différents espaces verts (jardins, parcs, terrains de sport, etc.) reste encore floue. Cela sera rectifié avec la Loi Labbé.



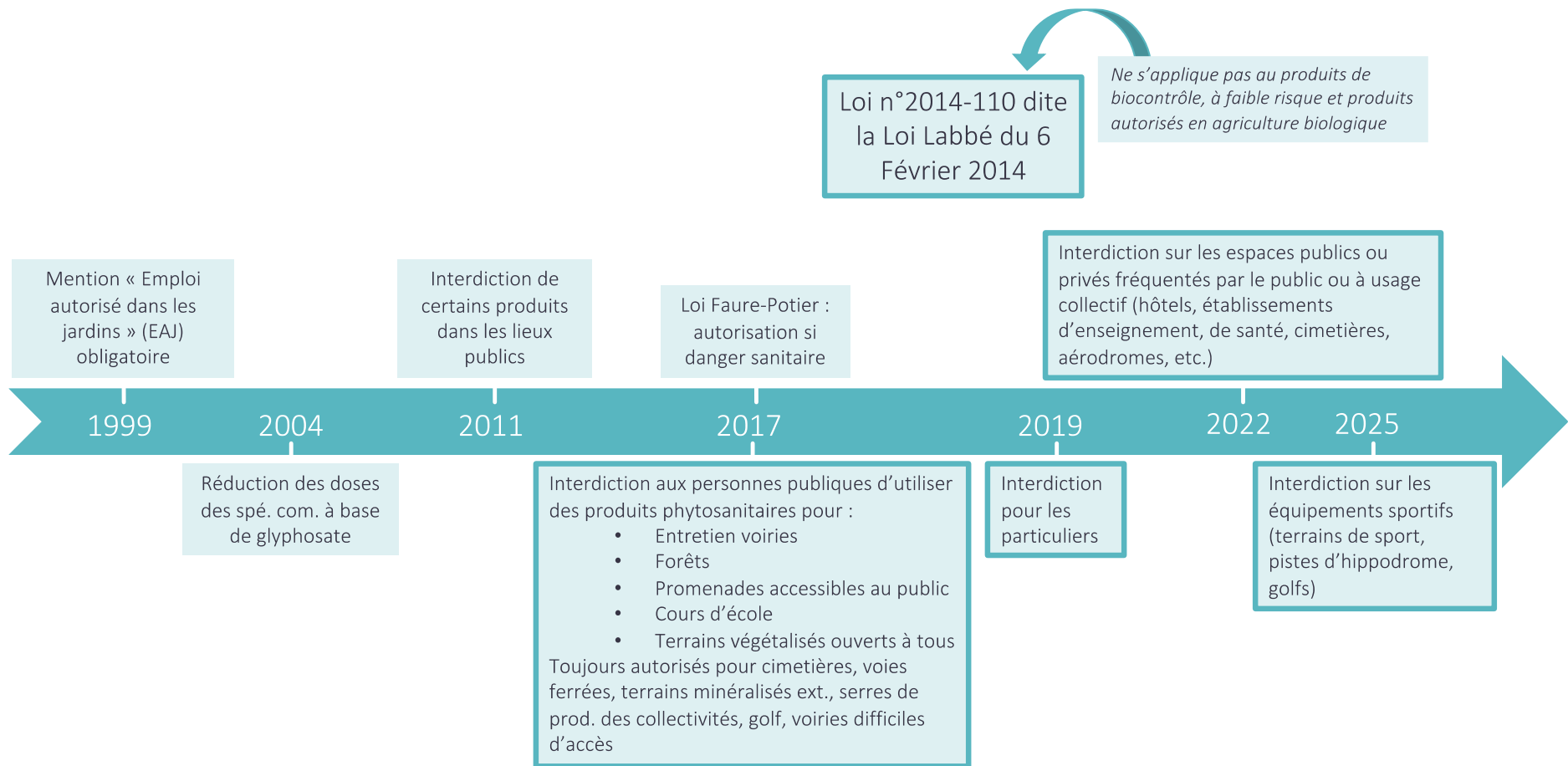


FIGURE 6: ÉVOLUTION DE LA LEGISLATION ENCADRANT L'UTILISATION DES PESTICIDES SUR LES ESPACES PUBLICS

À partir de 2017, la loi du 6 février 2014, dite «Loi Labbé», impose de nouvelles restrictions en posant un cadre très clair des zones et du public concernés par la réglementation. Sa mise en place s'est déroulée en quatre grandes phases. La première en 2017, a consisté à interdire aux personnes publiques (collectivités, régions, établissements publics, etc.) d'utiliser ou de faire utiliser des produits phytopharmaceutiques pour :

- L'entretien des voiries (routes, trottoirs, accotements, etc.);
- Les forêts publiques;
- Les promenades accessibles au public;
- Les cours d'école;
- Les parkings publics;
- Les terrains végétalisés ouverts à tous;
- Les campings publics

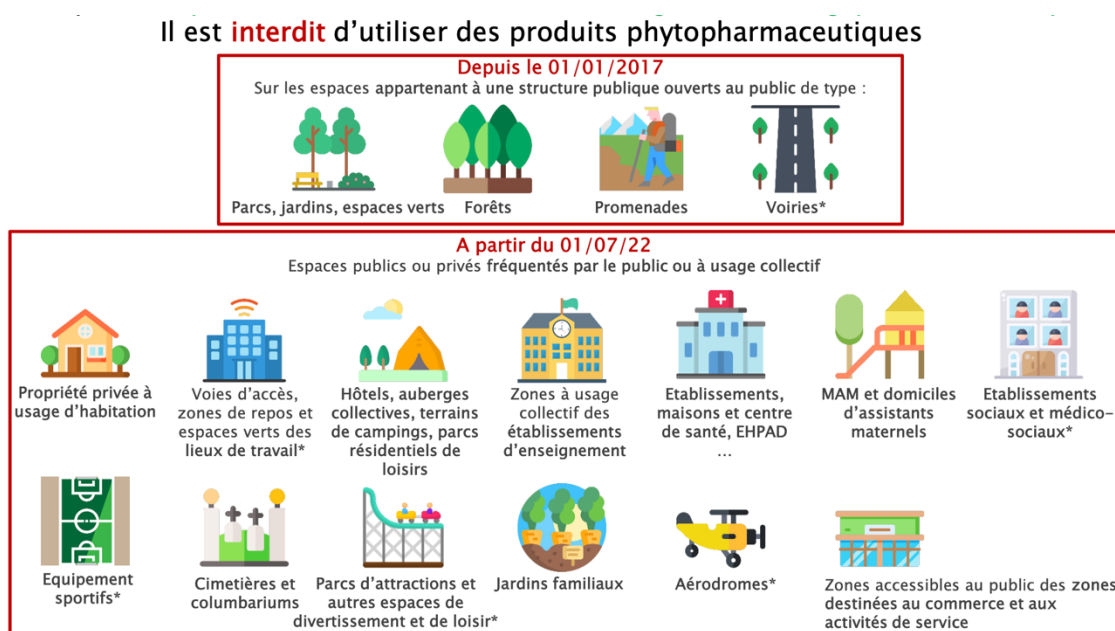
Ne sont donc pas encore concernés, les cimetières non dédiés à la promenade, les voies ferrées, les pistes d'aéroport, les terrains minéralisés extérieurs (ex. : terrain de basket), les serres de production des collectivités, les terrains de sports, les golfs, et la voirie difficile d'accès.

À partir de 2019, la mise en vente, utilisation et détention des produits phytopharmaceutiques pour et par les utilisateurs amateurs est dorénavant interdite.

En 2022, l'interdiction des pesticides est étendue à tous les espaces publics ou privés fréquentés par le public ou à usage collectif. Il s'applique donc aux propriétés privées à usage d'habitation, aux lieux de travail, hôtels, établissement d'enseignement, de santé, aux cimetières, équipements sportifs, aérodromes, etc. Concernant les équipements sportifs, à ce stade, l'interdiction concerne les espaces qui sont fréquentés par le public et non par les joueurs. Sur les terrains de golf par exemple, il est encore possible d'appliquer des pesticides sur les espaces de jeu (départ, green et fairway). Ceci sera modifié en 2025, où il est prévu une interdiction totale des produits phytopharmaceutiques sur tous les équipements sportifs à savoir les terrains de grands jeux (football, rugby, etc.), les pistes d'hippodromes, les terrains de tennis sur gazon et les golfs. Cependant, des dérogations pourront être envisagées dans le cas de compétitions officielles où aucune solution alternative n'a été trouvée pour obtenir la qualité requise dans le cadre de la compétition. Concernant la voirie, il en est de même pour les endroits difficiles d'accès ou si le coût d'entretien se révèle disproportionné par rapport à un désherbage chimique. La Loi Faure-Potier (loi n° 2017-238 du 29 mars 2017) prévoit des

dérogations aux collectivités d'utiliser des produits phytopharmaceutiques si elles sont touchées par un problème phytosanitaire grave, menaçant la pérennité du patrimoine historique ou biologique ou lors d'invasion d'organismes nuisibles réglementés (ex. : nématode du pin, capricorne asiatique, chancre coloré du platane, etc.). Ces dérogations sont délivrées sur arrêtés préfectoraux.

Dans le cadre de la Loi Labbé, les utilisations de produits phytopharmaceutiques sont prescrites dans les situations listées dans le paragraphe précédent. Néanmoins, que ce soit pour les professionnels ou les particuliers, les produits de biocontrôle, produits à faible risque, ceux composés uniquement de substances de base et les produits autorisés en agriculture biologique restent autorisés. La figure ci-dessous résume les zones concernées par la loi Labbé (Figure 7).



**FIGURE 7:** ZONES CONCERNÉES PAR L'INTERDICTION D'UTILISATION DES PRODUITS PHYTOPHARMACEUTIQUES (LOI LABBE) - SOURCE : ECOPHYTO PRO

Même si la loi Labbé semble englober la quasi-totalité des zones non-agricoles, il reste encore des endroits où, pour des raisons de sécurité notamment, les traitements pesticides sont encore autorisés. C'est le cas des infrastructures de transport : voies ferrées, les aéroports et les voiries difficiles et dangereuses d'accès. Concernant les voies ferrées, ici encore, les usages de pesticides ont fortement évolué ces dernières années. Avec plus de 60000 km de voies, la surface à traiter par la SNCF représente près de 55000 ha. Il s'agit uniquement de désherbage pour des raisons de sécurité. Historiquement, elle est la première consommatrice

de glyphosate en France avec 0,4 % du volume total, soit 40 tonnes par an. Cependant, depuis les années 1980, l'entreprise a exposé sa volonté de réduire les usages de désherbants grâce notamment au développement de trains désherbeurs munis de caméras de reconnaissance de la végétation. Entre 1984 et 2001, la quantité d'herbicides a ainsi diminué de 40 % passant de 397 à 236 tonnes. En 2016, les herbicides totaux appliqués étaient composés en majorité de glyphosate (66 %), de 2,4-MCPA (15 %) et de dichlorprop-p (13 %). Parmi les herbicides sélectifs, on retrouve en premières places le 2,4-D (46 %) et le dichlorprop-p sélectif (23 %). La SNCF s'est engagée à sortir du glyphosate d'ici 2022 en le remplaçant par une solution composée à 95 % d'un produit de biocontrôle, l'acide pélargonique, et d'un herbicide préventif à base de sulfonilurées (flazasulfuron). Cette solution jugée moins nocive pour l'environnement et les travailleurs est cependant plus coûteuse et nécessitera aussi plus de passages à des doses plus importantes (lorsque 5 L/ha de glyphosate sont appliqués en moyenne une fois par an, 16 L/ha de la nouvelle solution seront appliqués en moyenne deux fois par an).

La production des végétaux d'ornement n'entre pas dans le cadre de la loi Labbé, car elle relève de l'agriculture. Elle n'est donc pas concernée par les interdictions mentionnées ci-dessus. Ce secteur, et tout particulièrement celui de la fleur coupée, est d'ailleurs un important utilisateur de pesticides (Pereira et al., 2021). Le critère principal d'achat étant l'esthétique, ces plantes se doivent d'être exemptes de défaut. Pourtant, la plupart de ces plantes ayant subi des modifications génétiques pour répondre justement aux attentes des consommateurs, elles sont davantage vulnérables aux nuisibles et aux maladies et demandent donc de nombreux traitements pesticides. De plus, au niveau de la législation européenne, les fleurs et plantes ornementales ne sont pas considérées comme la plupart des autres produits cultivés. En effet, les denrées alimentaires et les aliments pour animaux sont soumis à une limite maximale de résidus (LMR) de pesticides qui est fixée par le règlement (CE) n°396/2005. Cette LMR est établie pour chaque couple « denrée – substance active » et est définie lors de la demande d'AMM. Les fleurs non comestibles<sup>6</sup> et les arbres et arbustes d'ornement échappent à cette réglementation.

---

<sup>6</sup> Actuellement, il n'existe pas de liste officielle de plantes comestibles émanant d'organismes tels que la FOA, l'OMS ou l'Efsa. La littérature grise fait état de plus de 250 fleurs comestibles parmi lesquelles on retrouve la capucine, la rose, le souci, la violette ou encore la bourrache.

## 1.3 EFFETS DES PESTICIDES EN MILIEU PROFESSIONNEL

### 1.3.1 SOURCES DES EXPOSITIONS

Dans le milieu agricole ou dans le secteur des espaces verts, les expositions peuvent survenir lors de nombreuses situations. On distingue généralement trois grandes phases au cours desquelles, les travailleurs peuvent être exposés:

- Lors de **l'achat, le transport et le stockage des produits**, le travailleur peut s'exposer directement lors d'incidents avec les contenants (fuites, déchirement des emballages, mauvaise fermeture, etc.), ou indirectement en cas de contamination du véhicule de transport, du lieu de stockage, etc. Les pesticides étant souvent commercialisés sous forme concentrée, cette contamination peut être importante.
- Lors de la **préparation, l'application et le nettoyage du matériel** : Même si elle est relativement brève, la phase de préparation des mélanges peut s'avérer risquée du fait de la manipulation des spécialités commerciales concentrées en matières actives, de la manipulation du matériel potentiellement souillé et lors du versement du mélange dans la cuve du pulvérisateur (risque de projection, vapeurs, accidents, etc.). À l'application, les contaminations peuvent résulter de dispersion du produit dans la zone traitée ou directement sur la personne qui applique et des contacts entre les zones contaminées et le travailleur. L'exposition varie selon les situations de travail (environnement, matériel d'application, type de culture, conditions climatiques, port d'équipement de protection individuelle, etc.). Enfin, l'exposition durant la phase de nettoyage n'est pas à négliger : projections d'eau contenant encore de la matière active et contact direct avec le matériel souillé.
- Lors de **travaux de réentrée** (taille, récolte, emballage, etc.) sur des cultures précédemment traitées. Les pesticides appliqués restent un certain temps sur les végétaux et l'environnement avant d'être dégradés. Ils peuvent donc être encore présents lorsque les travailleurs effectuent les tâches de réentrée. Bien que des délais de réentrée soient définis pour chaque matière active (Arrêté du 12 septembre 2006), ils ne tiennent généralement pas compte des effets chroniques dus aux expositions cumulées. La production florale nécessitant de nombreuses interventions (taille, bouturage, cueillette, emballage, etc.), les expositions de réentrée doivent impérativement être prises en compte.

### 1.3.2 VOIES D'EXPOSITION

Il existe trois grandes voies d'exposition aux pesticides : la voie orale (ou digestive), la voie cutanée et la voie respiratoire

- **Voie cutanée** : Que ce soit dans le secteur agricole ou dans celui des espaces verts, la voie cutanée est reconnue comme la voie principale d'exposition dès les années 1980 (Adamis et al., 1985 ; Bonsall, 1985). Des études réalisées en conditions réelles de travail ont montré que l'exposition par voie cutanée pouvait survenir à n'importe quel moment des trois grandes phases décrites ci-dessus. Les niveaux de contamination varient selon les tâches, l'environnement de travail, le matériel utilisé, les Équipements de Protection Individuelle (EPI) portés, etc.
- **Voie respiratoire** : L'exposition par inhalation est considérée comme étant la deuxième voie d'exposition en milieu professionnel (R.A. Fenske et al., 1987). Elle dépend grandement du type de matériel (dont l'utilisation de fumigation notamment), de l'environnement (endroit clos tel que les serres par exemple), des conditions climatiques (température, humidité) et de la formulation de la spécialité commerciale.
- **Voie orale** : Bien que souvent considérée marginale en milieu professionnel, l'exposition par voie orale peut survenir lors de contacts entre les mains contaminées et la bouche et lorsque certaines règles d'hygiène ne sont pas respectées (lavage des mains après un traitement, rinçage des gants avant leur retrait, etc.). En population générale cependant, elle est considérée comme la voie principale d'exposition via l'ingestion d'aliments contaminés.

Les études d'expologie dans le secteur des espaces verts seront discutées dans le paragraphe 5.2 page 231.

### 1.3.3 MESURE DE L'EXPOSITION EN MILIEU PROFESSIONNEL

L'estimation des expositions est un point crucial dans les études épidémiologiques, car elle permet de classer correctement les sujets vis-à-vis de l'exposition. Des erreurs dans l'estimation de l'exposition peuvent entraîner des erreurs de classement et biaiser la mesure de l'association entre l'exposition et la pathologie étudiée. La validité des conclusions d'une étude dépend directement de l'évaluation de l'exposition. De plus, la quantification de l'exposition est d'autant plus utile lorsque l'on cherche à apprécier une relation dose-effet. Dans le cas de maladies à longue latence (cancers et maladies neurodégénératives par exemple), il est nécessaire de remonter aux expositions anciennes et cumulées au cours du temps, ce qui peut s'avérer être un exercice complexe. C'est d'autant plus vrai lorsque l'on

s'intéresse aux pesticides compte tenu de la grande diversité de matières actives utilisées depuis les années 1950, de leur évolution (noms, doses, recommandations, etc.), de l'hétérogénéité des pratiques et de la méconnaissance des substances manipulées par la plupart des travailleurs. Plusieurs approches sont donc envisagées pour estimer l'exposition aux pesticides, qu'elle soit passée ou présente. L'objectif est de reconstituer l'historique des expositions pour le mettre en relation avec la survenue d'évènements de santé. On distingue deux grandes approches : les approches directes et les approches indirectes.

### 1.3.3.1 APPROCHES DIRECTES

#### 1.3.3.1.1 MESURES DE CONTAMINATIONS EXTERNES

Évaluer l'exposition actuelle en condition réelle de travail est un élément fondamental pour décrire les expositions au cours d'une vie et estimer d'éventuelles relations dose-effet. L'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE) a élaboré des recommandations pour mesurer l'exposition professionnelle aux pesticides en champ (OCDE, 1997). Ces recommandations sont notamment suivies par les firmes lorsqu'elles sont amenées à produire des données d'exposition des opérateurs lors de la mise sur le marché des substances.

Concernant l'exposition cutanée, trois méthodes pour mesurer l'exposition du corps sont préconisées dans ce guide : la méthode des patchs, la méthode du corps entier (« *whole body method* » en anglais) et l'analyse des dépôts de pesticides couplés à un traceur fluorescent (« *Fluorescent tracer/video imaging method* » en anglais).

#### ➤ Méthode des patchs

Comme son nom l'indique, la contamination cutanée est mesurée grâce à un nombre variable de patchs (dont la surface est de 10 cm x 10 cm la plupart du temps) disposés sur des zones du corps définies, en dessous et/ou au-dessus des habits, afin de déterminer l'exposition cutanée potentielle ou réelle. Ils recueillent les pesticides de façon passive. Dans la plupart des études, le nombre de patchs représente environ 8 % de la surface corporelle totale (soit approximativement 2 m<sup>2</sup> de surface corporelle) et chaque patch correspond à une région du corps définie. La contamination de chaque partie du corps est obtenue en extrapolant la quantité de matière active mesurée sur chaque patch à la surface du corps qu'elle représente (produit de la dose reçue par le patch par la surface de la partie du corps concernée). Les valeurs obtenues pour chaque zone sont alors additionnées pour donner une exposition

cutanée potentielle ou réelle totale, corps entier. L'exposition potentielle correspond à la quantité de pesticides déposée sur les EPI ou les vêtements et qui est ensuite corrigée en appliquant un coefficient de pénétration des EPI ou des vêtements. L'exposition réelle comprend la quantité de pesticides en contact direct avec la peau dénudée et la fraction qui a traversé les vêtements et EPI. Dans cette méthode, le dépôt des matières actives est donc jugé uniforme pour chaque zone du corps. Cette hypothèse constitue sûrement le principal désavantage de cette méthode. L'exposition peut donc être surestimée si le patch reçoit une éclaboussure directement dessus ou sous-estimée s'il la manque. Une solution pour contrer ce problème serait d'augmenter le nombre de patches ou leur taille pour qu'ils couvrent davantage de surface. Cette méthode présente néanmoins de nombreux avantages tels que le respect des habitudes de travail (notamment vis-à-vis du port de la combinaison et des autres EPI). Elle est adaptée lorsqu'il fait chaud (ce qui est souvent le cas dans les serres notamment). La méthode du corps entier utilisant une combinaison comme dosimètre peut en effet entraîner un inconfort supplémentaire dans ces conditions et augmenter la sudation. Enfin, la méthode des patches est plus économe au moment de l'analyse des pesticides, car elle nécessite moins de solvants et moins de temps pour l'extraction.

#### ➤ **Méthode du corps entier**

Pour contrer le risque de sous- ou surestimation de l'exposition inhérent à la méthode des patches, la méthode du corps entier peut être envisagée. Dans cette méthode, il est demandé à l'opérateur de porter une combinaison qui sert de capteur passif - en dessous des EPI si ceux-ci sont portés. Des sous-vêtements en coton peuvent également être portés en dessous afin d'estimer l'exposition cutanée réelle (et non plus l'exposition potentielle qui doit être corrigée par un facteur traduisant le passage au travers de la combinaison). Dans la plupart des études, cette combinaison est ensuite découpée pour mesurer les expositions selon des zones du corps définies. Cette méthode a l'avantage de ne pas se baser sur l'hypothèse d'uniformité du dépôt. Cependant, comme évoqué précédemment, l'emploi de combinaisons comme dosimètres peut entraîner une modification des comportements des opérateurs, notamment vis-à-vis du port des EPI et donc s'éloigner des conditions réelles de travail. L'inconfort qu'elles peuvent engendrer peut également modifier le travail et donc l'exposition.

#### ➤ **Analyse des dépôts de pesticides couplés à un traceur fluorescent**

L'exposition cutanée a également été estimée en mesurant la quantité de traceurs (traceur fluorescent ou colorant) déposée sur les vêtements ou la peau. Le traceur peut soit être extrait d'un dosimètre puis dosé, soit analysé directement sur la peau grâce à une méthode



d'imagerie (vidéos ou photos). L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de mettre en évidence la répartition de l'exposition sur le corps à une échelle plus fine que celle des patches. Cependant, elle suppose d'une part que le travailleur se comportera de la même manière qu'en manipulant un pesticide, d'autre part que la matière active étudiée et le traceur présentent les mêmes caractéristiques de transfert au travers des vêtements et des EPI.

Le guide de l'OCDE mentionne également deux méthodologies pour mesurer l'exposition des mains : à l'aide de gants en coton - portés en dessous des EPI le cas échéant - ou par des lavages de mains effectués à la fin de la tâche. Concernant la méthode des gants en coton, cette méthode a l'avantage d'être facile à mettre en place sur le terrain. Cependant, les gants peuvent entraîner une surestimation de l'exposition, car ils retiennent davantage les pesticides que la peau. Le lavage de mains peut être réalisé avec de l'eau et du savon ou avec de l'éthanol directement dans un sac contenant la solution (gold standard) ou au-dessus d'un bol qui sera ensuite transvasé dans un contenant hermétique. Lorsqu'une solution contenant de l'éthanol est utilisée, le solvant peut entraîner une modification de la barrière cutanée, augmentant ainsi l'absorption. De plus, la quantité de matière active ayant traversé la peau ne pourra pas être mesurée ici, ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'exposition. La procédure impliquant un lavage de main avec de l'eau et du savon a l'avantage de ne pas interférer avec la barrière cutanée. Cependant, un risque de sous-estimation de l'exposition ne peut être exclu si le savon n'est pas assez efficace pour retirer correctement toutes les molécules de la peau. Des tests en laboratoires doivent systématiquement être effectués en amont et il faut s'assurer d'utiliser la même quantité et le même savon tout au long de l'étude.

Concernant l'exposition respiratoire, l'OCDE propose un protocole qui consiste à utiliser des pompes personnelles portatives équipées d'une cassette ou de tubes contenant des filtres ou sorbants solides. Cette technique nécessite d'estimer le débit respiratoire (exprimé en L/min) qui dépend du genre et de l'intensité de l'activité physique (*l'Environmental Protection Agency* américaine (US-EPA) a établi des débits standards en fonction de ces deux critères (Jensen, 1984). Le débit respiratoire choisi est primordial pour s'assurer de recueillir suffisamment d'échantillons sur une période limitée et donc être au-dessus des limites de quantification. Concernant le choix du capteur, cela va dépendre de la nature de la matière active : les filtres (fibres de verre, cellulose, etc.) sont à privilégier pour les aérosols tandis que les sorbants solides (charbon, Tenax, XAD-2, etc.) seront préférés pour les phases gazeuses. Pour estimer l'exposition respiratoire totale, les pesticides volatiles aussi bien que les aérosols formés lors de l'application doivent être capturés. Il est donc recommandé de coupler un filtre avec un sorbant solide (Anses, 2011; Chester, 1993; Dowling and Seiber, 2002). Dédoubler les prélèvements peut s'avérer contraignant sur le terrain, mais utile lorsqu'on ne connaît pas en amont les traitements qui vont être réalisés le jour de l'étude.

Ces différentes méthodes permettent donc de quantifier les expositions. Si on leur ajoute un descriptif détaillé des conditions de réalisation des tâches observées, elles permettent également d'identifier les déterminants de l'exposition. Ces données sont ensuite utilisées pour construire des algorithmes d'exposition qui pourront être utilisés dans les études épidémiologiques.

#### **1.3.3.1.2 MESURES BIOLOGIQUES**

Quelle que soit la voie d'exposition, les pesticides ou leurs métabolites peuvent être mesurés dans différentes matrices biologiques (urine, sang, cheveu, etc.). La plupart des pesticides (et plus particulièrement ceux mis sur le marché aujourd'hui) ayant une demi-vie d'élimination courte (de quelques heures à quelques jours), les mesures doivent être effectuées dans une fenêtre de temps relativement courte. Ce type de mesure ne pourra donc être envisagé que pour des expositions récentes ou chroniques. Leur intérêt est donc limité dans les études rétrospectives. De plus, elles nécessitent une connaissance fine de la pharmacocinétique des molécules, de leur métabolisme et de leur distribution dans l'organisme. Elles sont influencées par des caractéristiques individuelles (équipements enzymatiques, capacités métaboliques, interférences médicamenteuses...) qu'il est généralement compliqué d'estimer. Elles représentent un coût important et demandent une logistique parfois complexe pour les études à grande échelle (accord et présence des participants). Pour les études épidémiologiques et notamment celles s'intéressant à des maladies à latence longue, elles restent minoritaires et des méthodes indirectes leur sont le plus souvent préférées.

#### **1.3.3.2 APPROCHES INDIRECTES**

On distingue essentiellement trois méthodes indirectes pour l'estimer l'exposition aux pesticides dans le milieu professionnel : les calendriers professionnels, les questionnaires spécifiques et les matrices emploi-exposition.

##### **1.3.3.2.1 CALENDRIERS PROFESSIONNELS ET INTITULES DE L'EMPLOI**

Dans le cas de maladies à longue latence; il est primordial de retracer l'historique professionnel pour identifier les emplois potentiellement exposants. Les calendriers professionnels sont un outil de choix, car ils permettent de renseigner toutes les professions

exercées, les secteurs d'activité, les dates et les tâches réalisées. Les informations précises sur les matières actives utilisées, le matériel d'application, les environnements de travail, etc. sont cependant manquantes ou parcellaires, car elles dépendent grandement de la mémoire individuelle. Le travailleur sera donc le plus souvent considéré comme « exposé » ou « non exposé » aux pesticides de manière globale, sans plus de précision sur les matières actives.

#### **1.3.3.2.2 QUESTIONNAIRES SPECIFIQUES**

Ils peuvent être soit complétés directement par l'individu (on parle alors d'auto-questionnaires) ou par un enquêteur spécialement formé, en face à face ou par téléphone. Dans le cas des pesticides, les questionnaires sont fréquemment associés aux calendriers professionnels afin d'affiner les caractéristiques de l'exposition. Ils portent le plus souvent sur les cultures, les environnements de travail, les fréquences de traitement, le matériel, les EPI, les tâches réalisées, etc. Il peut être demandé à l'individu de mentionner les pesticides utilisés, mais compte tenu de leur grande diversité, cet exercice peut s'avérer complexe lorsqu'il s'agit de retracer les utilisations sur une carrière entière. Ceci est d'autant plus vrai pour les employés appliquant les produits, mais ne réalisant ni les commandes ni la planification des traitements et pour ceux réalisant des tâches de réentrée. Les informations fournies par ces questionnaires peuvent faire l'objet d'expertise afin de vérifier les informations fournies. En se basant sur les réponses concernant le matériel, les EPI, les environnements de travail, etc., l'expertise permet également de calculer des scores d'exposition. Cependant, cette démarche, qui est complexe et longue, n'est pas toujours possible dans les études incluant beaucoup de sujets.

#### **1.3.3.2.3 MATRICES EMPLOIS-EXPOSITIONS**

Les matrices emplois / cultures / tâche – expositions sont des bases de données qui associent un intitulé d'emploi (ou une culture ou une tâche en particulier) avec un indicateur d'exposition à un ou plusieurs nuisances (Carles et al., 2017). Développées à partir des années 1980, elles sont le plus souvent représentées sous la forme d'un tableau où les lignes contiennent les intitulés d'emplois et les colonnes les nuisances. À l'intersection des deux sont renseignés des paramètres d'exposition tels que la probabilité, la fréquence et l'intensité. Les expositions sont souvent caractérisées en fonction d'une année ou d'une période dans le cas des matrices historiques. Elles peuvent être généralistes ou spécifiques d'un secteur. Les différents paramètres sont établis grâce à la compilation de différentes sources d'information. Puisqu'elles remontent loin dans le temps, les informations ne sont pas toujours disponibles ou faciles d'accès, rendant la construction des matrices longue et fastidieuse. Néanmoins, ce sont

des outils très utiles pour les études épidémiologiques en milieu professionnel, car elles permettent d'attribuer de manière individuelle des indicateurs d'exposition sans devoir solliciter la mémoire des individus.

Les différents outils présentés dans cette partie sont complémentaires et participent à attribuer des indicateurs d'exposition. Ils permettent d'affiner l'estimation de l'exposition pour avoir des niveaux des expositions plus précis et améliorent *in fine* la validité interne des études épidémiologiques.

### 1.3.4 ÉTUDES EPIDEMIOLOGIQUES

Les effets des pesticides sur la santé des travailleurs ont été étudiés principalement chez les agriculteurs, dans des études de cohortes, des études cas-témoins et des études transversales. En 2013, une expertise collective menée par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) a analysé la littérature scientifique pour dresser un état des lieux des connaissances sur les risques sanitaires associés aux expositions aux pesticides (Inserm, 2013). Les données épidémiologiques concernaient différentes localisations de cancer, les maladies neurodégénératives, les troubles cognitifs et anxiodépressifs, les atteintes à la reproduction, le développement de l'enfant et certains cancers pédiatriques. La présomption de lien entre l'exposition aux pesticides (considérée globalement, par catégorie de pesticides, par famille chimique ou par matière active) et la survenue de pathologie a été appréciée à partir de l'ensemble de la littérature et classée en trois niveaux : présomption forte, moyenne et faible. Cette expertise a été actualisée en 2021 avec les nouvelles données disponibles et ont été ajoutées à la liste de nouvelles localisations de cancers, la santé respiratoire, les maladies thyroïdiennes et l'endométriose (Inserm, 2021).

Concernant les pathologies cancéreuses en population professionnelle, une présomption forte a été établie pour les lymphomes non-Hodgkiniens, les myélomes multiples, le cancer de la prostate, les leucémies et les tumeurs cérébrales chez l'enfant de parents exposés durant la grossesse (**Tableau 2**). En France, le cancer de la prostate et les hémopathies malignes (lymphomes non-Hodgkiniens dont la leucémie lymphoïde chronique et les myélomes multiples) sont d'ailleurs reconnus comme maladies professionnelles chez les travailleurs exposés aux pesticides (tableaux des maladies professionnelles du régime agricole RA 61 et RA 59 respectivement). Pour la leucémie, les tumeurs cérébrales, les sarcomes des tissus mous et des viscères, le cancer de la vessie et du rein, l'expertise concluait que la présomption d'un lien entre l'exposition aux pesticides était moyenne et faible pour les lymphomes Hodgkiniens, le cancer du testicule et du sein et les mélanomes. Concernant le cancer du sein, le niveau de

présomption de lien a été évalué comme fort en population générale pour les femmes exposées au DDT entre la période périnatale et 18 ans.

**TABLEAU 2:** APPRECIATION DE LA PRESOMPTION D'UN LIEN ENTRE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX PESTICIDES (SANS DISTINCTION) ET DIFFERENTES LOCALISATIONS DE CANCER - EXPERTISES COLLECTIVES DE L'INSERM 2013 ET 2021

Pathologies	Présomption d'un lien	Population
Lymphome non-Hodgkinien	Forte	Population agricole, applicateurs, ouvriers d'industrie de production
Myélome multiple	Forte Moyenne*	Agriculteurs, applicateurs Éleveurs
Prostate	Forte	Agriculteurs, applicateurs, ouvriers d'industrie de production
Tumeurs cérébrales	Moyenne*	Population agricole
Leucémie	Moyenne	Population agricole, applicateurs, ouvriers d'industrie de production
Vessie	Moyenne	Professionnels
Rein	Moyenne	Professionnels
Sarcomes des tissus mous et des viscères	Moyenne	Travailleurs agricoles, travailleurs du bois, jardiniers et éleveurs
Lymphome Hodgkinien	Faible	Population agricole
Testicule	Faible	Population agricole
Mélanomes	Faible	Population agricole
Sein	Faible*	Professionnels exposés aux organophosphorés en milieu agricole
Leucémie chez l'enfant	Forte	Mères exposées professionnellement durant la grossesse
	Moyenne*	Pères exposés professionnellement durant la grossesse
Tumeurs cérébrales chez l'enfant	Forte	Parents exposés professionnellement durant la grossesse

\* Données ajoutées ou mises à jour dans l'expertise de 2021

Pour les maladies neurodégénératives, la présomption d'un lien était considérée forte pour la maladie de Parkinson, moyenne pour la maladie d'Alzheimer et faible pour la sclérose latérale amyotrophique (**Tableau 3**). La maladie de Parkinson est également reconnue comme maladie professionnelle par le régime agricole (tableau RA 58).

**TABLEAU 3:** APPRECIATION DE LA PRESOMPTION D'UN LIEN ENTRE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX PESTICIDES (SANS DISTINCTION) ET LES MALADIES NEURODEGENERATIVES - EXPERTISES COLLECTIVES DE L'INSERM 2013 ET 2021

Pathologies	Présomption d'un lien	Population
Parkinson	Forte	Professionnels
Alzheimer	Moyenne	Professionnels
Sclérose latérale amyotrophique	Faible	Agriculteurs

Concernant les pathologies non cancéreuses ou neurodégénératives, l'expertise a conclu qu'il existait une présomption de lien forte entre bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et la bronchite chronique, les malformations congénitales et les troubles cognitifs chez l'adulte et une présomption moyenne pour les altérations des fonctions respiratoires, de l'asthme et du sifflement, de l'hypothyroïdie, du risque de mort fœtale, de retard du neurodéveloppement chez l'enfant, des altérations des fonctions reproductrices et des troubles anxiodépressifs (**Tableau 4**). Les études épidémiologiques conduites auprès des travailleurs en espaces verts ont été prises en compte dans ces expertises collectives, elles seront détaillées dans le chapitre 2 page 54.

**TABLEAU 4:** APPRECIATION DE LA PRESOMPTION D'UN LIEN ENTRE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX PESTICIDES (SANS DISTINCTION) ET DIFFERENTES PATHOLOGIES - EXPERTISES COLLECTIVES DE L'INSERM 2013 ET 2021

Pathologies	Présomption d'un lien	Population
<b>Atteintes de la fertilité, de la fécondabilité et du développement fœtal</b>		
Malformations congénitales	Forte	Parents exposés
Mort fœtale	Moyenne	professionnellement durant la grossesse
Neurodéveloppement	Moyenne	
Altérations des capacités motrices et cognitives	Faible*	Professionnels
Altérations des paramètres séminaux, infertilité et baisse de la fécondité	Moyenne	Professionnels
<b>Santé respiratoire</b>		
BPCO <sup>1</sup> , bronchite chronique	Forte*	Professionnels
Fonction respiratoire	Moyenne*	Professionnels
Asthme, sifflement	Moyenne*	Professionnels
<b>Pathologies thyroïdiennes</b>		
Hypothyroïdie franche ou infraclinique	Moyenne*	Professionnels (tout pesticide)
Hypothyroïdie	Moyenne*	Professionnels (fongicide)
<b>Troubles cognitifs chez l'adulte</b>	Forte*	Agriculteurs
<b>Troubles anxiodépressifs</b>	Moyenne*	Agriculteurs et applicateurs

\* Données ajoutées ou mises à jour dans l'expertise de 2021

<sup>1</sup> Bronchopneumopathie chronique obstructive

## 2 ÉTUDES EPIDEMIOLOGIQUES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS : ETAT DE L'ART

### 2.1 CANCERS ET MALADIES NEURODEGENERATIVES

Cette revue de la littérature a fait l'objet d'un article, publié en 2022 dans le journal *Environmental Research* (de Graaf et al., 2022a). Il s'agissait de réaliser un état des connaissances sur les risques de cancer et de maladies neurodégénératives chez les travailleurs des espaces verts.

#### 2.1.1 METHODES

Les bases de données PubMed et Scopus ont été interrogées le 1<sup>er</sup> avril 2020 puis le 20 avril 2021. L'algorithme de recherche était constitué de trois parties :

- Une relative aux emplois en espaces verts :  
*Gardener, greenkeeper, horticult\*<sup>7</sup>, floricultur\*, greenhouse worker, plant nursery, municipal worker, road maintenance, railway maintenance, flowers, golf course, lawn care, groundsman, groundskeeper, pesticide applicators, herbicide applicators.*
- L'exposition professionnelle aux pesticides :  
*Occupational exposure, occupational diseases, pesticide, herbicide, fungicide, insecticide, biological control agents, agro-chemical*
- Les données de santé relatives au cancer (mortalité et morbidité) et maladies neurologiques :  
*Occupational health, neoplasm, mortality, morbidity, health*

Les algorithmes complets sont fournis en annexe (**Annexe 1**)

Ont été exclues 1) les études réalisées sur des travailleurs impliqués dans les cultures végétales (fruitières ou légumières) ou les productions animales, la lutte antiparasitaire ou le traitement des bâtiments, 2) les études non épidémiologiques, sans données de santé, 3) celles s'intéressant à des populations ou des expositions non professionnelles, ou des expositions autres que les pesticides.

---

<sup>7</sup> Les astérisques permettent d'utiliser la troncature pour remplacer un ou plusieurs caractères (par exemple, horticult\* nous donnera les résultats pour horticulturist, horticulture etc.

## 2.1.2 RESULTATS

### 2.1.2.1 CARACTERISTIQUES DES ETUDES IDENTIFIEES

Sur les 1775 références identifiées dans PubMed et Scopus, après exclusion des doublons et sélection en trois temps sur les titres, sur les résumés puis sur les textes intégraux, 41 études publiées entre 1974 et 2018 ont été considérées comme pertinentes. Le diagramme de flux (**Figure 8**) résume les différentes phases de sélection des articles. La lecture des articles retenus a permis d'ajouter 3 références supplémentaires.

La majorité des études ont été conduites en Europe (N=13, 42 %), principalement dans les pays scandinaves (N=11) - plus précisément en Suède (N=6), Danemark (N=2), Finlande (N=2) et Islande (N=1), suivis par les Pays-Bas (N=1) et le Royaume-Uni (N=1). Sept études ont été réalisées aux États-Unis, quatre au Canada, trois en Nouvelle-Zélande et une à Taïwan. Trois études ont été menées dans plusieurs pays dont deux dans les pays scandinaves. La majorité des études retenues étaient des études de cohorte (N=17) et des études cas-témoins (N=14). Aucune étude transversale n'a été identifiée. Sur les 31 études identifiées, seules 15 étaient dédiées uniquement aux travailleurs en espaces verts. Dix études les ont combinés avec des travailleurs agricoles et six cohortes étaient conduites en population générale au sein de laquelle des travailleurs en espaces verts étaient pris en compte. Parmi les 15 études n'incluant que des travailleurs en espaces verts, dix ont été réalisées chez des jardiniers, deux chez des agents de maintenance, deux également chez des employés communaux et agents d'entretien des gazons et une chez des employés de terrains de golf.

### 2.1.2.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS SUR LES CANCERS

Seize cohortes (13 rétrospectives et trois prospectives) et 14 études cas-témoins se sont intéressées au risque de cancer chez les travailleurs en espaces verts (**Tableau 5**). Parmi les études de cohortes, six ont été menées exclusivement chez des travailleurs en espaces verts, six en population générale au sein de laquelle des travailleurs en espaces verts ont pu être identifiés et six pour lesquelles ils étaient intégrés avec d'autres applicateurs de pesticides. Neuf études cas-témoins avec des données séparées pour les travailleurs en espaces verts ont été identifiées et trois pour lesquelles ils étaient associés à d'autres applicateurs de pesticides.



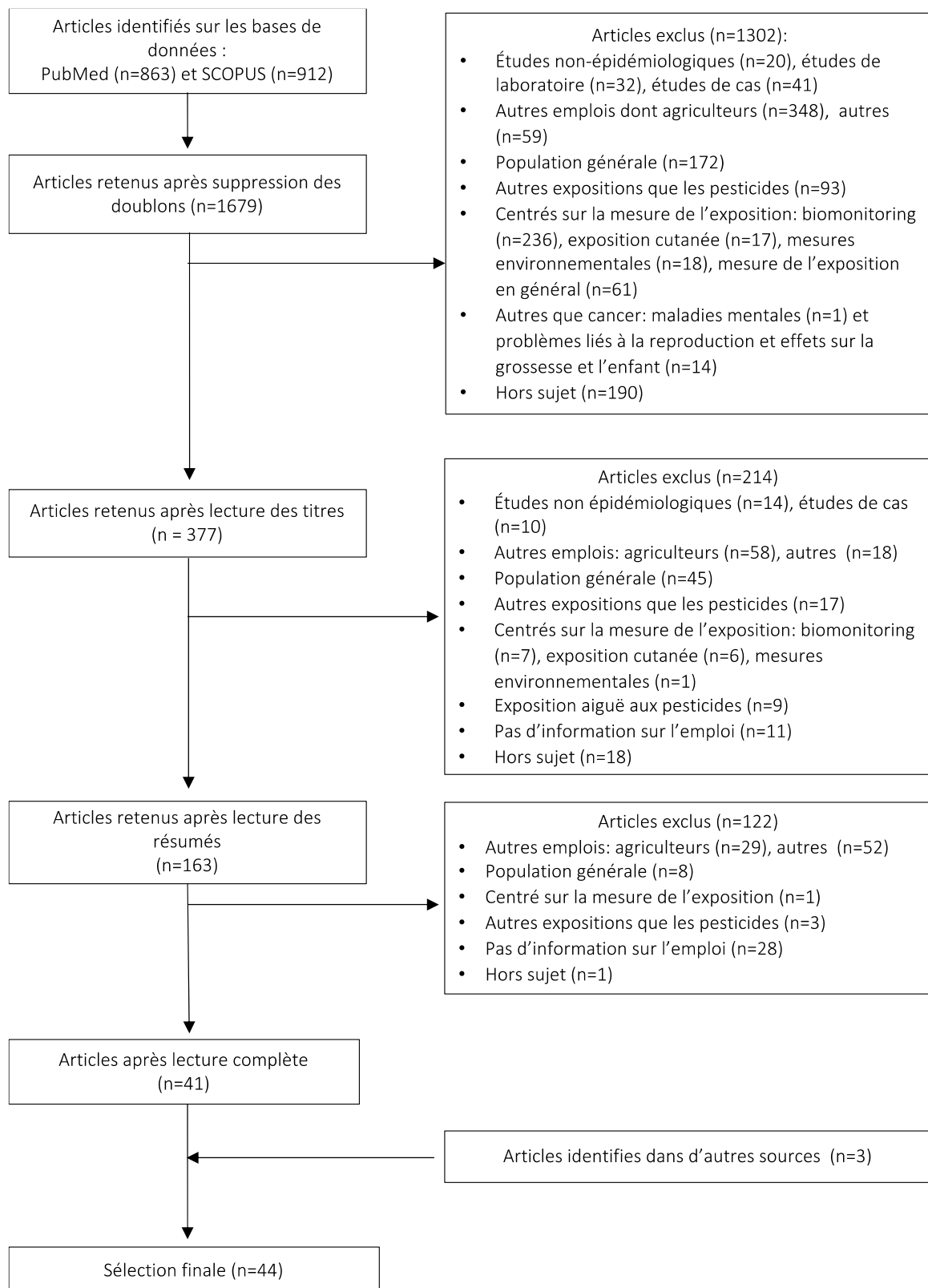


FIGURE 8: DIAGRAMME DE FLUX DE LA SELECTION DES ETUDES

**TABLEAU 5: ÉTUDES EVALUANT LE RISQUE DE CANCERS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ET APPLICATEURS DE PESTICIDES**

Auteur, année et pays	Schéma d'étude	Population (N)	Dates d'inclusion et de suivi	Exposition	Évènement de santé	Résultats principaux
<i><b>Cohortes menées chez les travailleurs en espaces verts</b></i>						
<b>Hansen 1992,</b> Danemark	Cohorte prospective	Jardiniers (4015) Hommes et femmes	1975 - 1985	Travail en serre, pépinière et/ou jardin public, Genre utilisé comme proxy des niveaux d'exposition	Morbidité	STM <sup>a</sup> : <b>SIR=526 [109-1,538]*</b> (3 cas) Leucémie lymphoïde chronique : <b>SIR=275 [101-599]*</b> (6 cas)
<b>Hansen 2007,</b> Danemark	Cohorte prospective	Jardiniers (3156) Hommes	1975 - 2001	Travail en serre, pépinière et/ou jardin public, Date de naissance utilisée comme proxy des niveaux d'exposition	Morbidité	STM : <b>SIR=5,9 [1,9-18,2]*</b> (3 cas) Leucémie : <b>SIR=2,3 [1,3-4,1]*</b> (12 cas)
<b>Swaen 1992,</b> Pays-Bas	Cohorte rétrospective	Applicateurs d'herbicide (1341) Hommes	1980-1988	Année de certification utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Mortalité	MM <sup>b</sup> : - <i>Cohorte entière</i> : <b>SMR=815 [164-2,382]*</b> (3 cas) - <i>Hautes expositions</i> : <b>SMR=1,299 [261-3,795]*</b> (3 cas)
<b>Swaen 2004,</b> Pays-Bas	Cohorte rétrospective	Applicateurs d'herbicide (1341) Hommes	1980 - 2001	Année de certification utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Mortalité	Cancer de la peau: <b>SMR=357,4 [115,1-827,0]*</b> (5 cas)
<b>Riihimäki 1983,</b> Finlande	Cohorte prospective	Applicateurs d'herbicide sur voies ferrées, autoroutes, lignes électriques et forêts (1971)	1972 – 1980	Exposition >45 jours entre 1955-71	Mortalité et Morbidité	Moins de cancers que la population générale

<b>Asp 1994,</b> Finlande	Cohorte prospective	Applicateurs d'herbicides sur voies ferrées, autoroutes, lignes électriques et forêts (1909) Hommes	1972 – 1988	Exposition >45 jours entre 1955-71	Mortalité et Morbidité	<i>Tous cancers:</i> SMR=0,8 [0,7-1,0] (77 cas) <i>Prostate :</i> SIR=0,3 [0,1-0,8]* (5 cas)
<b>Axelson, 1974,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Applicateurs d'herbicides sur voies ferrées (348) Hommes	1957 - 1972	Exposition >45 jours entre 1957-72 Amitrole et phénoxyherbicides	Mortalité et Morbidité	<i>Amitrole:</i> - Poumon : N observé > N attendu ( <b>p&lt;0,03</b> ) (2 cas) - Tumeurs : N observé > N attendu ( <b>p&lt;0,03</b> ) (4 cas) <i>Tous herbicides :</i> Tumeurs : N observé > N attendu ( <b>p&lt;0,03</b> ) (15 cas)
<b>Axelson, 1980,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Applicateurs d'herbicides sur voies ferrées (348)	1957 - 1978	Exposition >45 jours entre 1957-72 Amitrole et phénoxyherbicides	Mortalité	<i>Amitrole &amp; phénoxyherbicides:</i> - Mortalité : RR=2,1 ( <b>p&lt;0,01</b> )* (15 cas) - Cancer : RR=3,4 ( <b>p&lt;0,005</b> )* (6 cas) <i>Phénoxyherbicides:</i> - Estomac : RR=6,1 ( <b>p&lt;0,05</b> )* (2 cas)
<b>Zahm 1997,</b> USA	Cohorte rétrospective	Applicateurs de pesticides sur pelouses (18576) Hommes et femmes	1969 - 1990	Emploi dans une entreprise d'entretien des pelouses	Mortalité	<i>Emploi &gt; 3 ans :</i> - LNH <sup>c</sup> : SMR=7,1 [1,8-28,5]* (2 cas)
<b>Kross, 1996,</b> USA	Cohorte rétrospective	Employés de terrains de golf (686) Hommes	1970-1992	Emploi dans un terrain de golf	Mortalité	<i>Cancers :</i> - Tous cancers : PMR=135 [121-151]* (203 cas) - Cerveau : PMR=234 [121-454]* (8 cas) - LNH : PMR=237 [137-410]* (12 cas)

- Gros intestin : **PMR=175 [125-245]\*** (32 cas)
- Prostate : **PMR=293 [187-460]\*** (18 cas)
- Système nerveux : **PMR=202 [123-333]\*** (15 cas)

**Cohortes scandinaves basées sur un recensement national**

<b>Pukkala 2009</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Travailleurs (15 millions) Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Morbidité	Jardiniers : Cancer de la lèvre : <b>SIR=1,6 [1,5-1,7]*</b> (677 cas)
<b>Kjaerheim 2010,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Cancers évitables — Morbidité	Jardiniers : tous les SIR < 1
<b>Kjaerheim 2018,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Morbidité (ajustée sur l'alcool et le tabac)	Jardiniers : tous les SIR ≤ 1
<b>Jansson 2015,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Adénocarcinomes et carcinomes des cellules squameuses de l'œsophage — Morbidité	Jardiniers : tous les SIR < 1
<b>Hadkhale 2016,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Cancer de la vessie — Morbidité	Jardiniers : Hommes/femmes : <b>SIR=0,8 [0,8-0,8]/0,8 [0,7-0,8]*</b> (3162 cas)
<b>Michalek 2018,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Hommes et femmes	1960 – 2005	Intitulé de l'emploi	Cancer du rein — Morbidité	Jardiniers : Hommes/femmes : <b>SIR=0,8 [0,6-0,9]/0,7 [0,5-0,9]*</b> (52 cas)
<b>Katuwal 2018,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Cohorte NOCCA Femmes	1960 - 2005	Intitulé de l'emploi	Cancer du sein — Morbidité	Jardiniers : - <i>Tous les pays</i> , tous les SIR < 1 sauf pour l'Islande : SIR=1,1 [0,3-2,7] (4 cas)

<b>Ji 2006,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Travailleurs (6,1 millions) Hommes et femmes	1961 - 2002	Intitulé de l'emploi	Cancer de l'estomac — Morbidité	Jardiniers : Hommes/femmes : - <i>Cancer gastrique</i> : SIR=1,0 [0,9-1,1] (329 cas)/0,9 [0,7- 1,2] (65 cas) - <i>Cancer du corps</i> : SIR=1,0 [0,8-1,1] (159 cas)/0,9 [0,6- 1,2] (33 cas) - <i>Cancer du cardia</i> : SIR=1,2 [0,9-1,6] (42 cas)/0,7 [0,2- 1,5] (5 cas)
<b>Lope 2008,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Travailleurs (2992166) Hommes et femmes	1971 – 1989	Intitulé de l'emploi	Myélome multiple — Morbidité	Horticulteurs (Hommes) : - <i>Cohorte entière</i> : RR=1,3 [0,9- 1,8] (35 cas) - <i>Sous-cohorte 1960-70</i> : RR=1,4 [0,8-2,4] (13 cas) Agricultrices, horticultrices et forestières (femmes) : - <i>Cohorte entière</i> : RR= 1,7 [1,0-2,9] (13 cas) - <i>Sous-cohorte 1960-70</i> : RR=1,8 [0,7-4,8] (4 cas)
<b>Pérez-Gomez 2005,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Travailleurs (1 101 669) Femmes	1960-1989	Intitulé de l'emploi	Mélanome cutané — Morbidité	Horticulteurs : - <i>Cohorte entière</i> : <b>RR=1,6 [1,1- 2,3]*</b> (30 cas)
<b>Andersen 1999,</b> Pays scandinaves	Cohorte rétrospective	Travailleurs (10 millions) Hommes et femmes	1970-1991	Intitulé de l'emploi	Morbidité	Jardiniers : tous les SIR ≤ 1 sauf pour (Hommes/femmes) : - <i>Lèvre</i> : <b>SIR= 165 [145-187]*</b> (232 cas) - /111 [82-149] (46 cas) - <i>LH<sup>d</sup></i> : SIR=102 [80-129] (71 cas)/110 [88-136] (85 cas) - <i>MM</i> : SIR=110 [95-128] (176 cas)/103 [91-115] (277 cas) Chez les femmes :

- *Leucémie aigüe* : SIR=105 [90-121] (177 cas)
- *Autre leucémie* : SIR=102 [90-117] (210 cas)

**Cohortes basées sur un recensement national**

**Gallagher 1986,**  
Canada  
Cohorte rétrospective  
Certificats de décès de travailleurs (626)  
Hommes et femmes

1950 – 1978

Intitulé de l'emploi

Mélanome —  
Mortalité

Jardiniers et pépiniéristes :  
- *Hommes* : 20 et plus :  
**PMR=430 [157-937]\*** (6 cas)

**Études cas-témoins chez travailleurs en espaces verts**

**Perrotta 2013,**  
Consortium  
Méta-analyse d'études cas-témoins

1959 cas —  
6192 témoins

1977 – 2004

Intitulé de l'emploi

Myélome multiple —  
Morbidity

Jardiniers et pépiniéristes : OR=1,5 [1,0-2,3] (121 cas)

**Mannetje 2007,**  
Nouvelle-Zélande  
Cas-témoin

291 cas —  
471 témoins issus de la population générale

1977 — 2004

Intitulé de l'emploi

LNH —Morbidity

Jardiniers et pépiniéristes : (tous/hommes/femmes)  
- OR=1,3 [0,6-2,6] (17 cas)/ 0,8 [0,3-1,9] / 2,5 [0,9-9,4] (8 cas)

Pépiniéristes (tous/hommes/femmes)  
- **OR=3,2 [1,0-9,7]\*** (10 cas)/ 1,8 [0,4-8,5] / 5,2 [1,0-28,0] (6 cas)

Horticulteurs et arboriculteurs (tous/hommes/femmes)  
- **OR=2,3 [1,4-3,8]\*** (41 cas)/ 1,6 [0,8-3,3] (17 cas)/ **3,2 [1,5-6,6]\*** (24 cas)

**McLean 2008,**  
Nouvelle-Zélande  
Cas-témoin  
225 cas —  
471 témoins issus de la population générale

2003-2004

Intitulé de l'emploi

Leucémie —  
Morbidity

Jardiniers et pépiniéristes : (tous/hommes/femmes)  
- OR=1,5 [0,7-3,0] (15 cas)/ 0,7 [0,3-1,8] (7 cas)/ **OR=5,0 [1,4-18,6]\*** (8 cas)

						Horticulteurs et arboriculteurs (tous/hommes/femmes) - <b>OR=2,6 [1,5-4,6]*</b> (32 cas)/ 1,4 [0,7-3,1] / <b>4,7 [2,1-10,6]*</b> (19 cas)
<b>Parent 2000,</b> Canada	Cas-témoin	142 cas — 1900 témoins atteints de cancer + 533 témoins issus de la population générale	1979 — 1985	Intitulé de l'emploi	Carcinomes rénaux — Morbidité	Pépiniéristes : <b>OR=4,1 [1,7-10,3]*</b> (6 cas)
<b>Partanen 1994,</b> Finlande	Cas-témoin	1419 cas — 3519 témoins avec cancer colorectal ou de l'estomac	Diagnostiqués entre 1984-87 et morts avant 1990	Intitulé de l'emploi et secteur d'activité	Cancer pancréatique — Morbidité	Par secteur d'activité : - <i>Jardinage</i> : <b>OR=4,0 [1,4- 11,8]*</b> (8 cas) Par intitulé de l'emploi : - <i>Jardiniers/gardiens de terrains</i> : <b>OR=3,6 [1,1-12,0]*</b> (5 cas)
<b>Wingren 1990,</b> Suède	Cas-témoin	71 cas — 164 témoins atteints d'un cancer + 315 issus de la population générale	1975 — 1982	Intitulé de l'emploi et MME <sup>e</sup> pour l'exposition aux herbicides (phénoxyherbicides et chlorophénoles)	STM – Morbidité & Mortalité	Jardiniers (cas vs témoins issus de la population. générale.) : <b>OR=4,1</b> [1,0-14,0] (6 cas)
<b>Teschke 1997,</b> Canada	Cas-témoin	153 cas — 159 témoins issus de la population générale	1990 — 1992	Intitulé de l'emploi	Cancers du nez et de la vessie — Morbidité	Jardiniers, cancer du nez : - <i>Toujours employés</i> : <b>OR=2,9</b> [0,4-19,8] (3 cas) - <i>Suppression des 20 dernières années</i> : <b>OR=2,0</b> [0,2-16,1] (2 cas) Jardiniers, cancer de la vessie : - <i>Toujours employés</i> : <b>OR=3,7</b> [0,7-25,0] (6 cas)

<b>Colt 2010,</b> USA	Cas-témoin	1402 cas — 1418 témoins issus de la population générale	2001 — 2004	Intitulé de l'emploi et secteur d'activité	Cancer de la vessie — Morbidité	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Suppression des 20 dernières années</i> : OR=2,7 [0,5-19,8] (5 cas)</li> </ul> Emploi : <i>Agents d'entretien des pelouses et jardiniers (hommes)</i> : OR=0,8 [0,5-1,4] (31 cas) Secteur d'activité : <i>Paysagisme et horticulture (hommes)</i> : <b>OR=2,4 [1,2-4,8]*</b> (25 cas)
<b>Marehbian 2007,</b> USA	Cas-témoin	889 cas — 524 témoins de la région	1994 – 1995	Intitulé de l'emploi	Cancer des kératinocytes (CCB <sup>f</sup> & CCS <sup>g</sup> ) — Morbidité	<i>Agents d'entretien des pelouses et jardiniers</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>CCB (Hommes/femmes)</i> : <b>OR=3,2 [1,5-6,8]*</b> (37 cas)/0,3 [0,0-4,0] (1 case)</li> <li>- <i>CCS (Hommes)</i>: <b>OR=3,3 [1,4-7,8]*</b> (16 cas)</li> </ul>
<b><u>Cohortes combinant travailleurs en espaces verts avec d'autres applicateurs de pesticides</u></b>						
<b>Littorin 1993,</b> Suède	Cohorte rétrospective	Agriculteurs, jardiniers, forestiers et arboristes (2378) Hommes et femmes	1965 - 1986	Intitulé et code de l'emploi	Mortalité et Morbidité	Âgés de moins de 60 ans : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Tumeurs du système nerveux central</i>: <b>SMR=2,9 [1,1-6,2]*</b> (6 cas)</li> <li>- <i>Tumeurs du cerveau</i>: <b>SMR=3,2 [1,6-5,7]*</b> (11 cas)</li> <li>- <i>Méningiomes</i>: <b>SMR=6,8 [1,9-17,4]*</b> (4 cas)</li> </ul> Cohorte entière : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Mélanomes</i>: <b>SMR=2,1 [1,2-3,5]*</b> (15 cas)</li> </ul>
<b>Zhong 1996,</b> Islande	Cohorte prospective	Horticulteurs, maraîchers et agriculteurs (2449) Hommes et femmes	Inclusion : 1941-5 Fin du suivi en 1993	Emploi (applicateurs de pesticides considérés comme ayant la plus forte exposition)	Morbidité	Cohorte entière : <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Tissus lymphatiques et hématopoïétiques (femmes)</i> : <b>SIR=5,6 [1,1-16,2]*</b> (3 cas)</li> </ul>



						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rectum (hommes et femmes) : <b>SIR=2,9 [1,1-6,4]*</b> (6 cas)</li> </ul>
						Les plus exposés : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rectum : <b>SIR=4,6 [1,5-10,8]*</b> (5 cas)</li> </ul>
<b>Fleming 1999a,</b> USA	Cohorte rétrospective	Applicateurs de pesticides (30155) Hommes et femmes	1975-1993	Certification pour appliquer des pesticides utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Mortalité	<p>Cancer de la prostate :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cohorte entière: <b>SMR=2,4 [1,4-3,0]*</b> (64 cas)</li> <li>- Exposés &lt;4 ans: <b>SMR=2,6 [1,6-4,0]*</b> (21 cas)</li> </ul>
<b>Fleming 1999b,</b> USA	Cohorte rétrospective	Applicateurs de pesticides (33658) Hommes et femmes	1975 - 1993	Certification pour appliquer des pesticides utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Morbidité	<p>Hommes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prostate : <b>SIR=1,9 [1,7-2,1]*</b> (353 cas)</li> <li>- Testicule : <b>SIR=2,5 [1,6-3,7]*</b> (23 cas)</li> </ul> <p>Femmes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organes génitaux : <b>SIR=2,1 [1,3-3,1]*</b> (23 cas)</li> <li>- Col de l'utérus : <b>SIR=3,7 [1,8-6,6]*</b> (11 cas)</li> </ul>
<b>Blair 1983,</b> USA	Cohorte rétrospective	Applicateurs de pesticides (3827) Hommes et femmes	1965 - 1977	Année de certification utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Cancer du poumon — Mortalité	<p>Certifiés &gt; 20 ans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cancer du poumon : <b>SMR=289*</b> (<math>p&lt;0,05</math>) (8 cas)</li> </ul> <p>Certifiés entre 10-19 ans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Emphysème : <b>SMR=321*</b> (<math>p&lt;0,05</math>) (5 cas)</li> </ul> <p>Certifiés avant l'âge de 40 ans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cancer du poumon : <b>SMR=234*</b> (<math>p&lt;0,05</math>) (11 cas)</li> </ul>
<b>Pesatori 1994,</b> USA	Cohorte rétrospective et cas-	Applicateurs de pesticides (4251) Hommes et femmes	1965 - 1982	Année de certification utilisée comme proxy de la probabilité d'exposition	Cancer du poumon — Mortalité	<p>Cohorte entière :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cancer du poumon: <b>SMR=1,4 [1,0-1,8]*</b> (54 cas), Augmentation avec le</li> </ul>

témoin  
nichée

nombre d'années  
d'exposition: >20 ans:  
**SIR=2,2 [1,1-3,0]\*** (13 cas)  
Cas-témoin nichée :  
- Certifiées avant l'âge de  
40 ans : **OR=2,4 [1,0-5,9]\***  
(27 cas)  
- Exposition aux carbamates :  
**OR=16,3 [2,2-122,5]\*** (7 cas)  
et propoxur : **OR=12,4 [1,5-  
100,3]\*** (2 cas)

***Études cas-témoins combinant les travailleurs en espaces verts avec d'autres applicateurs de pesticides***

<b>Balarajan, 1984,</b> Royaume-Uni	Cas-témoin	1,961 cas – 1,961 témoins atteints de cancer Hommes	1968 – 1976	Intitulé et code de l'emploi	STM – Mortalité	Jardiniers et agents d'entretien des pelouses : RR=0,7 [0,4-1,4] (17 cas) Agriculteurs et maraîchers : RR=1,7 [1,0-2,9] (42 cas)
<b>Woods, 1987,</b> USA	Cas-témoin	704 cas — 694 témoins issus de la population générale		Intitulé et code de l'emploi utilisé comme proxy de la probabilité d'exposition aux herbicides	STM et LNH — Morbidité	Paysagistes (exposition faible) : - STM : OR=0,9 [0,3-2,8] † - LNH : OR=1,7 [0,9-3,1] † Jardiniers (exposition moyenne) : - STM : OR=1,1 [0,5-2,2] † - LNH : OR=0,8 [0,5-1,4] †
<b>Huang 2012,</b> Taiwan	Cas-témoin	326 cas — 386 témoins sains issus de la médecine préventive Hommes	2000 – 2005	Travail dans l'une des 33 professions exposées à des cancérogènes potentiels	Cancer de l'œsophage — Morbidité	Agriculteurs ou jardiniers : <b>OR adj = 2,1 [1,0-4,2]*</b> (46 cas)

<sup>a</sup> Sarcome des tissus mous ; <sup>b</sup> Myélome multiple ; <sup>c</sup> Lymphome non-Hodgkinien ; <sup>d</sup> Lymphome Hodgkinien ; <sup>e</sup> Matrice Emploi-Exposition ; <sup>f</sup> Carcinome des cellules basales ; <sup>g</sup> Carcinome des cellules squameuses

Dans la partie résultats : SIR : Standardised Incidence Ratio ; SMR : Standardised Mortality Ratio ; RR : Relative Risk ; PMR : Proportional Mortality Ratio ; OR : Odd Ratio ; aj : ajusté. \* Résultats significatifs. † Nombre de cas non mentionnés

### ➤ Cohortes menées chez les travailleurs en espaces verts

Au Danemark, une étude prospective a inclus 4015 travailleurs impliqués dans l'entretien des jardins publics, parcs, cimetières et pépinières municipales recrutés en 1975 et suivis en 1984 (Hansen et al., 1992) puis 2001 (Hansen et al., 2007). La première analyse avait pour objectif de comparer l'incidence des cancers chez ces travailleurs avec la population générale après un suivi de neuf ans. Malgré de faibles effectifs, des excès de sarcomes des tissus mous (SIR=526 [109-1538], 3 cas), leucémie lymphoïde chronique (SIR=275 [101-599], 6 cas) et lymphomes non-Hodgkiniens (SIR=173 [63-376], 6 cas) étaient observés chez les hommes (Hansen et al., 1992). Chez les femmes, les effectifs étaient trop faibles pour analyser les associations. La seconde analyse, basée sur un suivi de 17 ans, s'est intéressée à l'incidence des cancers en fonction de l'évolution des usages et réglementations des pesticides. L'année de naissance a donc été utilisée comme proxy de l'exposition : les personnes nées avant 1915 étaient considérées comme fortement exposées tandis que celles nées après 1935 étaient considérées comme faiblement exposées sur l'hypothèse que des mesures de prévention et des changements de produits étaient intervenus entre les deux dates. Chez les hommes les plus fortement exposés (nés avant 1915), les risques de sarcome des tissus mous et leucémie lymphoïde chronique étaient plus importants (respectivement SIR=5,9 [1,9-18,2] (3 cas) et 2,3 [1,3-4,1] (12 cas)) et un excès de risque, non significatif, pour les cancers des organes génitaux a été observé (SIR=1,34 [0,97-1,81], 39 cas) (Hansen et al., 2007).

Aux Pays-Bas, une étude rétrospective sur des applicateurs d'herbicides certifiés pour l'application dans les parcs publics a inclus 1341 travailleurs en 1980 et les a suivis jusqu'en 1988 (Swaen et al., 1992). Les données sur les types de pesticides et quantités vendues ont été récupérées auprès des municipalités dont relevaient les travailleurs inclus. La plupart des pesticides employés étaient des herbicides (96 %) : principalement simazine, chlorothiamide, dalapon, dichlobenil et diuron. La mortalité globale était inférieure à celle de la population générale (SMR=76 [58-97], 63 cas). Cependant, chez les personnes considérées comme fortement exposées (en excluant celles n'occupant qu'un poste de supervision), la mortalité par cancer était supérieure pour le pancréas, les intestins, la peau, le cerveau, les lymphomes Hodgkiniens et les myélomes multiples. Cette élévation de risque pour les myélomes multiples a été également retrouvée dans les analyses qui ont été conduites 12 ans après, soit après un délai de 20 ans (SMR=214,3 [43,1-614,7], 3 cas). Le risque de cancer de la peau était également plus élevé chez ces applicateurs de pesticides par rapport à la population générale (SMR=375,4 [115,1-827,0] 5 cas) (Swaen et al., 2004).

En Finlande, une cohorte prospective a suivi des applicateurs d'herbicides sur les voies de chemins de fer, autoroutes, lignes électriques et en forêt de 1972 à 1980 puis 1988 (Asp et al., 1994; Riihimäki et al., 1983). Au total, 1971 personnes ayant traité au moins deux semaines

entre 1955 et 1971 ont été incluses. La mortalité globale et la mortalité par cancer étaient inférieures à celles de la population générale, y compris chez les personnes les plus exposées (Riihimäki et al., 1983). La deuxième analyse basée sur le suivi jusqu'en 1988 confirmait cette baisse de risque pour les cancers (SMR=0,8 [0,7-1,0], 77 cas). Il est intéressant de noter une très forte diminution du risque de cancer de la prostate dans cette population (SIR=0,3 [0,1-0,8], 3 cas) (Asp et al., 1994a).

Une autre étude, menée en Suède, s'est intéressée aux applicateurs d'herbicides sur les voies de chemin de fer. La mortalité et l'incidence des cancers ont été suivies chez 348 travailleurs ayant appliqué de l'aminotriazole et des phénoxyherbicides tels que le 2,4-D et 2,4,5-T pendant au moins 45 jours sur la période 1957-1972 (Axelson and Sundell, 1974). Quatre sous-cohortes ont été constituées en fonction du type d'herbicide utilisé : Applicateurs de phénoxyherbicides (N=207), aminotriazole (N=152) et autres herbicides (N=28). Le risque de cancer du poumon était supérieur chez les utilisateurs d'aminotriazole quelle que soit la période de latence ( $p < 0,05$ ) et chez les utilisateurs d'autres herbicides pour une période de latence comprise entre 3 et 5 ans ( $p < 0,05$ ). Dans une analyse cas-témoins nichée dans la cohorte, le risque de tumeurs était supérieur chez les utilisateurs d'aminotriazole et fonction de la durée d'exposition. Une seconde analyse menée après un suivi jusqu'en 1978 (période de latence de 10 ans et plus) a montré un doublement du risque de mortalité par cancer chez les utilisateurs d'aminotriazole (RR=1,5,  $p < 0,05$ ). Les travailleurs exposés exclusivement aux phénoxyherbicides avaient un risque six fois plus important de développer un cancer de l'estomac (RR=6,1,  $p < 0,05$ , 2 cas).

Aux États-Unis, plus de 18000 applicateurs de pesticides et employés d'une entreprise d'entretien des pelouses et gazons ont été suivis entre 1969 et 1990 (Zahm, 1997). La mortalité toutes causes confondues et par cancer était inférieure chez les hommes de la cohorte par rapport à la population générale (respectivement SMR=0,7 [0,4-1,1] (307 cas) et SMR=0,31 [0,06-0,90] (45 cas)). Après stratification sur la tâche et la durée de travail en tant qu'applicateur de pesticide, une augmentation du nombre de lymphomes non-Hodgkiniens a été observée chez les utilisateurs d'herbicides ayant appliqué plus de trois ans (SMR=7,1 [1,8-28,5], 2 cas).

Une étude de cohorte rétrospective américaine, menée chez 682 employés de golfs, a suivi leur mortalité de 1970 à 1992 (Kross et al., 1996). Par comparaison avec la population générale, un excès de mortalité par cancer a été observé (PMR=135 [121-151], 203 cas) ainsi que pour les maladies liées au tabac, comme les maladies vasculaires artériosclérotiques (PMR=140 [127-155], 236 cas), maladies respiratoires (PMR=176 [135-230], 49 cas) et emphysème (PMR=186 [101-342], 10 cas). Aucune donnée sur la consommation de tabac n'était donnée dans l'étude. Concernant les cancers, des excès de risque ont été montrés pour

la prostate (PMR=293 [187-460]), le gros intestin (PMR=175 [125-245]), le lymphome non-Hodgkinien (PMR=237 [137-410]), le cerveau (PMR=234 [121-454]) et le système nerveux (PMR=202 [123-333]).

### ➤ Cohortes scandinaves basées sur un recensement national

Au-delà des études spécifiques sur les travailleurs en espaces verts – peu nombreuses, des données épidémiologiques ont été produites dans des cohortes de travailleurs au sens large. Certains pays, tels que les pays scandinaves, disposent en effet de registres de cancer couvrant l'intégralité de la population et qui sont régulièrement croisés avec les recensements nationaux. Ces études menées à très grande échelle bénéficient d'une forte puissance statistique.

C'est le cas de l'étude scandinave Nordic Occupational Cancer (NOCCA), menée au Danemark, Finlande, Islande, Norvège et Suède qui suit l'incidence des cancers chez plus de 15 millions de personnes depuis le recensement de 1960. Chaque localisation de cancer est analysée en regard des professions (Pukkala et al., 2009). Les professionnels associés au secteur des espaces verts qui ont été analysés dans les différentes publications étaient des jardiniers. Le seul type de cancer en excès chez ces travailleurs était celui des lèvres chez les hommes (SIR=1,6 [1,5-1,7] 677 cas). Ces résultats ont ensuite été confirmés par d'autres analyses réalisées sur les cancers évitables entre 1960 et 2005 (Kjaerheim et al., 2010), et dans des analyses ajustées sur le tabac et l'alcool (Kjaerheim et al., 2018). Des diminutions de risque de cancers de la peau (Jansson et al., 2015), œsophage (Jansson et al., 2015), vessie (Hadkhale et al., 2016) et rein (Michalek et al., 2019) ont été observées chez les jardiniers. Concernant les femmes, les jardinières faisaient partie de celles ayant le risque de cancer du sein le plus bas, quel que soit le sous-type (Katuwal et al., 2018).

D'autres cohortes, menées dans les pays scandinaves, et reliant les données de recensement avec les registres de cancers, ont été identifiées. Une étude menée auprès de six millions de travailleurs suédois suivis entre 1961 et 2002 a montré une augmentation du risque de cancer gastrique entre 1960 et 1980 (SIR=1,5 [1,0-1,9], 39 cas) et plus particulièrement les cancers du cardia (SIR=2,4 [1,3-3,8], 14 cas) (Ji and Hemminki, 2006).

Le risque de mélanome cutané a été analysé chez plus d'un million de femmes suédoises entre 1960 et 1989 (Pérez-Gómez et al., 2005) et les horticultrices présentaient un risque accru (RR=1,6 [1,1-2,3], 30 cas) par rapport à la population générale, et ce même après ajustement sur l'exposition aux ultra-violets.

Une dernière étude réalisée en Norvège, Suède, Danemark et Finlande a analysé l'incidence des cancers chez plus de 10 millions de travailleurs entre 1970 et 1991 (Andersen et al., 1999). Le risque de cancer en général était inférieur chez les jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes, mais le risque de cancer de la lèvre était supérieur chez les hommes jardiniers (SIR=165 [145-187], 232 cas).

➤ **Cohortes basées sur un recensement national**

Au Canada (Colombie-Britannique), une cohorte rétrospective menée entre 1950 et 1978 a identifié un risque accru de mélanome cutané chez les jardiniers et pépiniéristes (PMR=430 [157-937], 6 cas) (Gallagher et al., 1986).

➤ **Cohortes combinant travailleurs en espaces verts avec d'autres applicateurs de pesticides**

Une cohorte rétrospective suédoise combinant des jardiniers, pépiniéristes et producteurs d'arbres fruitiers a montré une diminution de la mortalité pour tous types de cancer (SMR=0,8 [0,7-0,9], 542 cas), cancer des voies respiratoires (SMR=0,5 [0,3-0,8], 14 cas), et maladies respiratoires (SMR=0,7 [0,4-1,0], 28 cas) et cardiovasculaires (SMR=0,8 [0,7-0,9], 286 cas) par rapport à la population générale (Littorin et al., 1993). Cependant, la mortalité par tumeurs des organes reproducteurs féminins (SMR=2,3 [0,7-5,3], 5 cas), mélanomes cutanés (SMR=2,1 [1,2-3,5]), 15 cas et lymphomes Hodgkiniens (SMR=2,1 [0,4-6,0], 3 cas) était supérieure.

En Islande, une étude prospective a suivi l'incidence des cancers chez des horticulteurs, producteurs d'arbres fruitiers et agriculteurs (Zhong and Rafnsson, 1996). Ici encore, l'incidence des cancers en général était inférieure à la population générale. Cependant, chez les hommes, des excès de risque ont été observés pour le cancer du rectum (SIR=2,7 [0,9-6,4], 5 cas) et de la peau (SIR=2,8 [0,9-6,6], 5 cas). Les femmes quant à elles présentaient un risque accru de cancers lymphatiques et hématopoïétiques (SIR=5,6 [1,1-16,2], 3 cas).

Une étude rétrospective incluant des travailleurs en espaces verts en Floride ainsi que des agriculteurs, a également montré une diminution de la mortalité toutes causes confondues et de celle par cancer chez ces travailleurs par rapport à la population générale (Fleming et al., 1999a). Un excès de mortalité par cancer de la prostate a cependant été observé (SMR=2,4 [1,8-3,0], 64 cas). Concernant l'incidence des cancers, une augmentation de risque pour les cancers des organes reproducteurs a été mise en évidence (prostate : SIR=1,9 [1,7-2,1],

353 cas; testicule : SIR =2,5 [1,6-3,7], 23 cas; col de l'utérus : SIR=3,7 [1,8-6,6], 11 cas et utérus : SIR=1,4 [0,7-2,6], 11 cas) (Fleming et al., 1999b).

Une autre étude en Floride, conduite cette fois-ci chez des travailleurs en espaces verts et des spécialistes de la lutte antiparasitaire a comparé leurs causes de décès avec la population générale (Blair et al., 1983). Une incidence plus importante de cancer du poumon, de la peau et du cerveau a été observée. De plus, le risque de cancer du poumon augmentait avec le nombre d'années de travail et atteignait la significativité au-delà de 20 ans (SMR=289,  $p<0,05$ ). Ces résultats ont été mis à jour plus tard en prenant en compte le tabac comme facteur d'ajustement (Pesatori et al., 1994) et le risque de cancer du poumon était toujours plus élevé chez ces travailleurs. Dans une analyse cas-témoin nichée dans la cohorte, les travailleurs exposés au diazinon, DDT et carbamates étaient particulièrement à risque (respectivement, OR=2,0 [0,7-5,5] (17 cas), OR=2,6 [0,5-14,3] (6 cas) et OR=16,3 [2,2-122,5] (2 cas)).

#### ➤ Études cas-témoins menées chez les travailleurs en espaces verts.

Neuf études cas-témoins analysant spécifiquement le travail en espaces verts ont été identifiées. La première est une méta-analyse de cinq études cas-témoins (Baris et al., 2004; Besson et al., 2006; Cozen et al., 2006; Demers et al., 1993; Seniori Costantini et al., 2001) conduites aux États-Unis et en Europe qui explorait les myélomes multiples au regard des expositions professionnelles (Perrotta et al., 2013). Les jardiniers et pépiniéristes présentaient un risque élevé de développer un myélome multiple par rapport à la population générale (OR=1,5 [1,0-2,3], 121 cas).

En Nouvelle-Zélande, le risque de lymphome non-Hodgkinien a été étudié dans divers secteurs agricoles (Mannetje et al., 2008). Les pépiniéristes hommes et femmes présentaient un risque élevé pour ce cancer (respectivement OR=3,2 [1,0-9,7] (10 cas) et OR=5,2 [1,0-28,0] (5 cas)). Une autre étude néo-zélandaise a quant à elle regardé le risque de leucémie avec le même groupe de témoins (issus de la population générale) que l'étude évoquée précédemment (McLean et al., 2009). Encore une fois, les pépiniéristes présentaient un risque plus élevé (OR=4,2 [1,3-13,5], 9 cas) et les femmes de manière plus marquée (OR=11,7 [2,3-59,9], 8 cas). Les greenkeepers par contre, étaient associés à un risque très bas, mais avec un nombre très limité d'observations (OR=0,2 [0,0-1,6], 1 cas). Une analyse par sous-types de leucémies a montré un excès de risque de leucémie lymphoïde chronique chez les pépiniéristes (OR=3,9 [1,1-13,9], 6 cas).

Une étude canadienne, menée à Montréal, sur le risque de cancer du rein en relation avec les emplois a montré que les jardiniers avaient un risque supérieur par rapport aux

groupes témoins (ayant un autre type de cancer ou issus de la population générale) : OR=4,1 [1,7-10,3], 6 cas) (Parent et al., 2000). Une autre étude canadienne en Colombie-Britannique s'est intéressée quant à elle au risque de cancer nasal et de la vessie et a montré à nouveau un risque accru pour les jardiniers (respectivement OR=2,9 [0,4-19,8] (3 cas) et OR=3,7 [0,7-25,0] (6 cas)) (Teschke et al., 1997). Concernant le cancer de la vessie, une étude américaine apportait des résultats contrastés (Colt et al., 2011). En effet, lorsque l'intitulé de l'emploi était pris en compte dans les analyses, les jardiniers présentaient un risque diminué (OR=0,8 [0,5-1,4], 31 cas) tandis que lorsque le secteur d'activité était considéré (codé selon la nomenclature ISIC), une élévation de risque était observée (OR=2,4 [1,2-4,8], 25 cas).

En Finlande, une étude sur le risque de cancer du pancréas a montré une différence de risque entre les jardiniers et les agriculteurs (Partanen et al., 1994) : les patients ayant ce cancer étaient quatre fois plus susceptibles de travailler en tant que jardiniers (OR=4,0 [1,4-11,8], 8 cas) tandis que les agriculteurs présentaient un risque diminué (OR=0,8 [0,7-1,0], 141 cas).

Une étude suédoise a analysé le rôle des herbicides dans la survenue des sarcomes des tissus mous et a trouvé que parmi les travailleurs exposés, les jardiniers avaient le plus fort risque (OR=4,1 [1,0-14], 6 cas) (Wingren et al., 1990).

Dans une étude américaine consacrée au cancer de la peau, les jardiniers et greenkeepers masculins avaient un risque significatif de carcinomes basocellulaires (OR=3,2 [1,5-6,8], 37 cas) et à cellules squameuses (OR=3,3 [1,4-7,8], 16 cas) (Marehbian et al., 2007).

➤ **Études cas-témoins combinant travailleurs en espaces verts et d'autres applicateurs de pesticides**

Au Royaume-Uni, une analyse du risque de sarcomes des tissus mous chez des agriculteurs, jardiniers, greenkeepers et forestiers a montré un risque accru pour les agriculteurs (RR=1,7 [1,0-2,9], 42 cas), mais pour chez les jardiniers/greenkeepers (OR=0,7 [0,4-1,4], 17 cas) (Balarajan and Acheson, 1984).

Une étude américaine s'est intéressée au risque de lymphomes non-Hodgkiniens en plus des sarcomes des tissus mous chez des applicateurs d'herbicides (Woods et al., 1987). Les paysagistes, qui étaient considérés comme faiblement exposés, présentaient un excès de risque de lymphomes non-Hodgkiniens (OR=1,7 [0,9-3,1]). Les jardiniers qui étaient considérés quant à eux comme modérément exposés ne présentaient ni excès de risque de sarcomes des tissus mous ni excès de lymphomes non-Hodgkiniens. Dans l'analyse combinant tous les travailleurs, le risque de lymphomes non-Hodgkiniens était doublé pour ceux ayant une



exposition de plus de 15 ans en considérant un temps de latence de 25 ans entre l'exposition et l'apparition du cancer (OR= 2,51 [0,5-13,0]).

À Taïwan, le risque de cancer de l'œsophage a été analysé en lien avec les emplois (Huang et al., 2012). Après ajustement sur les facteurs de risque connus tels que le tabac et l'alcool, les jardiniers et agriculteurs présentaient un risque supérieur à la population générale (OR=2,1 [1,0-4,2], 46 cas).

### 2.1.2.3 MALADIE DE PARKINSON

Quatre études sur les maladies neurodégénératives chez les travailleurs en espaces verts ont été identifiées : deux études de cohortes et une cas-témoin sur la maladie de Parkinson et une étude cas-témoin sur la maladie du motoneurone (**Tableau 6**).

**TABLEAU 6 : ÉTUDES SUR LES RISQUES DE MALADIES NEURODEGENERATIVES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ET APPLICATEURS DE PESTICIDE AFFILIES**

Auteurs, année, pays	Schéma d'étude	Population (N)	Dates d'inclusion et de suivi	Exposition	Évènement de santé	Résultats principaux
<b><u>Cohorte chez les travailleurs en espaces verts</u></b>						
<b>Kenborg, 2012,</b> Danemark	Cohorte rétrospective	Jardiniers (3214) Hommes	1975 - 2008	Intitulé de l'emploi — année de naissance utilisée comme proxy des niveaux d'exposition	Maladie de Parkinson	Cohorte entière: SHR=1,1 [0,8-1,6] (28 cas) Nés entre 1900-14: SHR=1,6 [0,8-2,8] (11 cas)
<b><u>Cohorte combinant les travailleurs en espaces verts et d'autres applicateurs de pesticides</u></b>						
<b>Tüchsen, 2000,</b> Danemark	Cohorte prospective	Agriculteurs, horticulteurs et jardiniers (2273872) Hommes et femmes	1981 – 1993	Intitulé et code de l'emploi	Maladie de Parkinson	Agriculteurs : <b>SHR=132 [111-156]*</b> (134 cas) Jardiniers : SHR=448 [54-1617] (2 cas)
<b><u>Études cas-témoins combinant les travailleurs en espaces verts et d'autres applicateurs de pesticides</u></b>						
<b>Hertzman, 1994,</b> Canada	Cas-témoins	127 cas — 245 témoins avec maladie cardiaque ou issus de la population générale	1988	Intitulé et code de l'emploi Utilisation de pesticides et solvants — classification selon le groupe chimique	Maladie de Parkinson	Cohorte entière : - Vs témoins avec maladie cardiaque : <b>OR=2,0 [1,0-4,1]*</b> (33 cas) - Vs population générale : <b>OR=2,3 [1,1-4,9]*</b> (33 cas) Jardiniers : OR=1,7 [0,9-3,4] (39 cases)
<b>Chen, 2018,</b> Nouvelle- Zélande	Cas-témoins	295 cas — 605 témoins issus de la population générale	2013-2016	Intitulé et code de l'emploi	Maladie du motoneurone	Jardiniers/horticulteurs : <b>OR=2,0 [1,0-3,8]*</b> (20 cas) - Exposition >10 ans : <b>OR=4,5 [1,3-16,3]*</b> (7 cas) Agents d'entretien des pelouses : <b>OR=3,0 [1,1-8,0]*</b> (12 cas)

Dans la partie résultats : SHR : Standardised Hospitalisation Ratio; OR : Odd Ratio. \* Résultats significatifs.

➤ **Cohorte menée chez les travailleurs en espaces verts**

Dans la cohorte prospective danoise décrite précédemment (Hansen et al., 2007, 1992), le risque de maladie de Parkinson chez les hommes jardiniers a été analysé (Kenborg et al., 2012). Par comparaison avec la population générale, le risque d'hospitalisation en lien avec la maladie de Parkinson était supérieur chez les jardiniers nés avant 1915 et donc supposés exposés à des pesticides plus toxiques ou à plus forte dose que le reste de la cohorte (SHR<sup>8</sup>=1,6 [0,8-2,8], 11 cas).

➤ **Cohorte combinant travailleurs en espaces verts et autres applicateurs de pesticides**

Toujours au Danemark, une autre étude de cohorte prospective a suivi plus de deux millions de travailleurs et a analysé le lien entre maladie de Parkinson et emplois agricoles (Tüchsen and Astrup Jensen, 2000). Les hospitalisations en relation avec cette pathologie étaient plus fréquentes chez les agriculteurs et horticulteurs (SHR=132 [111-156], 134 cas) et davantage encore chez les jardiniers (SHR=448 [54-1617], 2 cas).

➤ **Étude cas-témoin menée chez travailleurs en espaces verts**

Une étude cas-témoin menée au Canada s'est intéressée au rôle de facteurs environnementaux dans la survenue de la maladie de Parkinson (Hertzman et al., 1994). En comparaison avec des témoins souffrant d'une pathologie cardiaque, les cas étaient deux fois plus susceptibles d'avoir été exposés à des pesticides (OR=2,0 [1,0-4.1], 33 cas) et les hommes atteints de la maladie étaient plus fréquemment des jardiniers (OR=1,7 [0,9-3,4], 39 cas).

#### **2.1.2.4 MALADIE DU MOTONEURONE**

Une étude cas-témoin néo-zélandaise a comparé des patients atteints de maladie du motoneurone<sup>9</sup> avec des témoins issus de la population générale (Chen et al., 2019). Les cas étaient plus fréquemment des jardiniers ou des horticulteurs (OR=2,0 [1,0-3,8], 20 cas) et des greenkeepers (OR=3,0 [1,1-8,0], 12 cas). Pour les jardiniers et horticulteurs, le risque

---

<sup>8</sup> Standardized Hospitalization Rate ratio – Ratio standardisé du taux d'hospitalisation pour la maladie de Parkinson.

<sup>9</sup> Affection neurologique dégénérative entraînant une atrophie neurogène des muscles squelettiques.

augmentait très nettement avec la durée de l'emploi : OR=4,5 [1,3-16,3] (7 cas) pour une durée supérieure à dix ans (p trend = 0,03).

### SYNTHESE DES RESULTATS :

En résumé, chez les travailleurs en espaces verts, ont été identifiées des élévations de risque de cancers lymphatiques et hématopoïétiques, du système nerveux central, du testicule et de maladie de Parkinson (**Figure 9**). Cependant, les études conduites spécifiquement auprès de ces travailleurs restent peu nombreuses et la majorité d'entre elles utilisent des paramètres approximatifs pour mesurer l'exposition. De nouvelles études, avec une meilleure définition des emplois et des expositions ainsi que des effectifs plus importants, sont nécessaires pour mieux caractériser le lien entre les expositions professionnelles et les effets de santé chroniques.

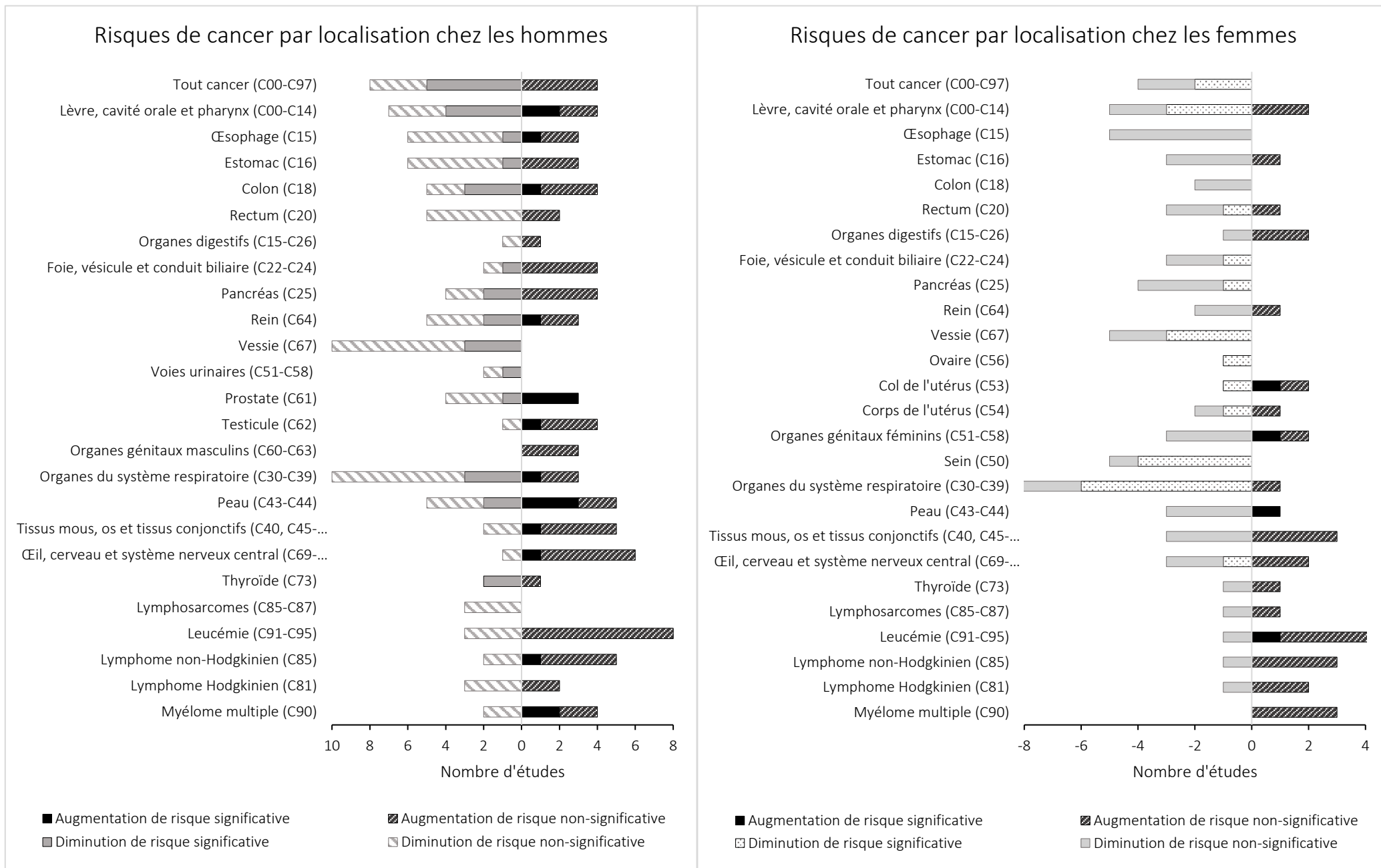


FIGURE 9: RISQUE DE CANCER PAR LOCALISATION DANS LES ETUDES IDENTIFIEES DANS LA REVUE DE LITTERATURE.

## 2.2 ATTEINTES DE LA FERTILITE, DE LA FECONDABILITE ET DU DEVELOPPEMENT FŒTAL

Cette revue de la littérature est en cours de finalisation et sera soumise prochainement dans un journal international.

### 2.2.1 METHODES

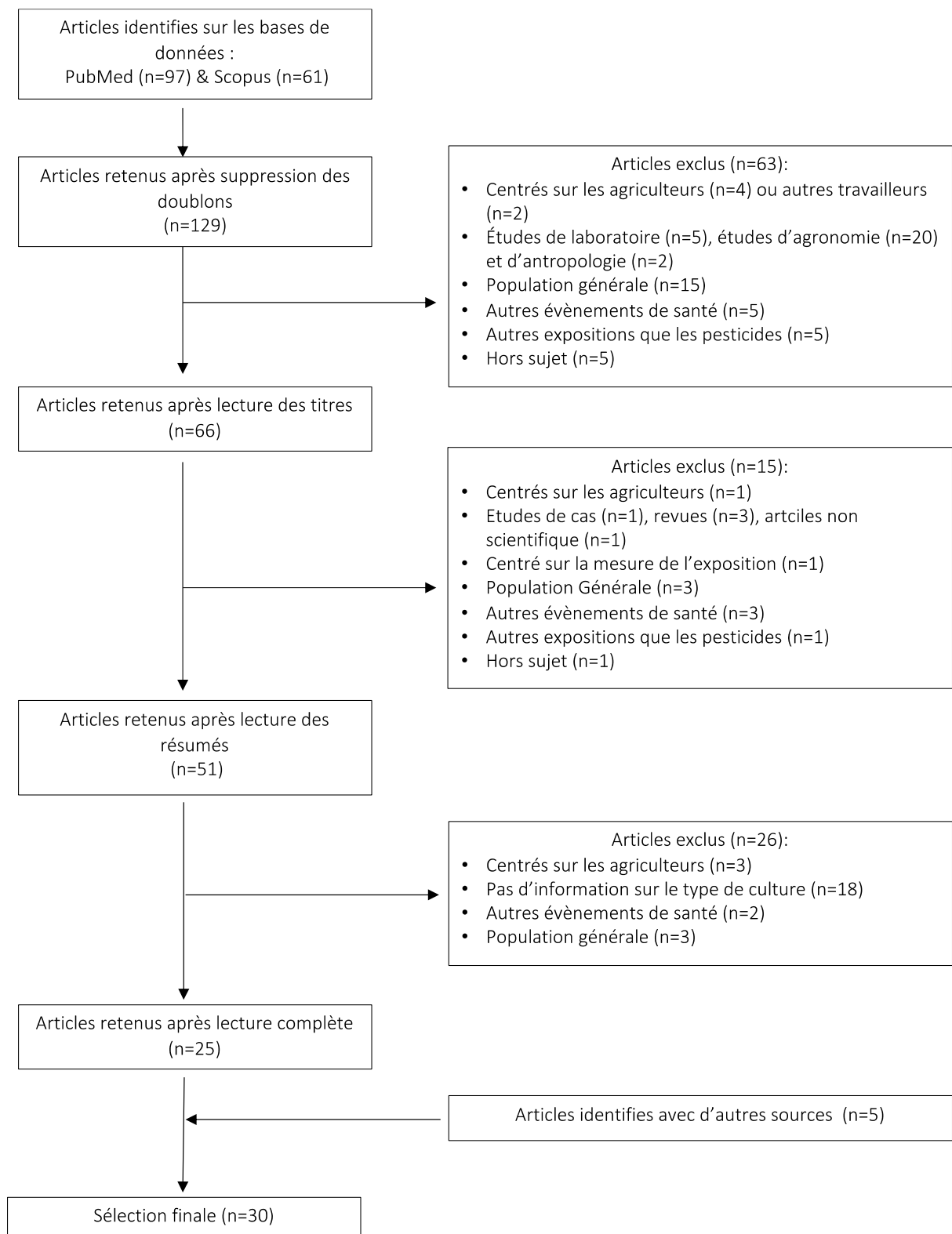
Les bases de données PubMed et Scopus ont été consultées le 14 septembre 2021. L'algorithme de recherche a été construit en combinant les termes relatifs à l'exposition professionnelle aux pesticides chez les travailleurs en espaces verts et les données de santé relatives à i) la fertilité et la fécondabilité; ii) problèmes lors de la grossesse ou à l'accouchement; iii) développement neurocomportemental et iv) le développement de cancers ou pathologies chroniques chez l'enfant de parents exposés. Les algorithmes sont fournis en annexe (**Annexe 2**).

Les critères d'exclusion sont les mêmes que pour la revue sur le cancer et les maladies neurodégénératives (paragraphe **2.1.1** page **54**).

### 2.2.2 RESULTATS

#### 2.2.2.1 CARACTERISTIQUES DES ETUDES IDENTIFIEES

Au total, 158 articles ont été identifiés grâce aux algorithmes : 97 sur PubMed et 61 sur Scopus. Le diagramme de flux (**Figure 10**) résume les différentes étapes de sélection des articles. Celle-ci aboutit à la sélection de 30 articles publiés entre 1990 et 2017.



**FIGURE 10:** DIAGRAMME DE FLUX DE LA SELECTION DES ARTICLES

La majorité des études ont été conduites en Europe (N=14, 46,7 %) : principalement au Danemark (N=6), Pays-Bas (N=3), Italie (N=3), Finlande (N=1) et Royaume-Uni (N=1). Huit études ont été menées en Amérique du Sud (cinq en Équateur et trois en Colombie) et huit en Amérique du Nord (cinq aux États-Unis et trois au Mexique). La taille des échantillons variait entre 72 et 9998. Onze études étaient transversales, dix étaient des cohortes (huit rétrospectives et deux prospectives) et neuf étaient des cas-témoins (dont une nichée dans une cohorte). Concernant les populations d'intérêt, 19 études étaient menées chez des floriculteurs (sept cohortes, onze transversales et une cas-témoin), trois cohortes chez des jardiniers (deux rétrospectives et une prospective) et neuf études cas-témoins menées en population générale au sein de laquelle des travailleurs en espaces verts ont été identifiés.

Les résultats sont présentés selon l'évènement de santé observé : i) atteintes de la fertilité et de la fécondabilité (**Tableau 7**) puis ii) évènements indésirables lors de la grossesse et à la naissance (**Tableau 8**). Les études sont groupées selon le type de population étudiée et le schéma de l'étude.

## 2.2.2.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS DES ETUDES

### 2.2.2.2.1 FERTILITE ET FECONDABILITE

Avant de présenter les études, les termes relatifs à la fertilité et la fécondabilité doivent être précisés.

La fertilité correspond à l'aptitude à un instant donné, à concevoir, féconder ou être fécondé. L'infertilité correspond alors à l'incapacité à déclencher une grossesse après 12 mois ou plus de rapports sexuels réguliers sans contraceptif. On distingue deux types d'infertilité : l'infertilité primaire qui concerne les individus n'ayant jamais déclenché de grossesse et l'infertilité secondaire qui concerne les individus qui sont dans l'incapacité de déclencher une grossesse à un instant donné, mais qui ont déjà déclaré une grossesse par le passé. Le terme d'hypofertilité (*subfertility* en anglais) est également couramment employé dans les études épidémiologiques et correspond à toute forme d'infertilité au sein d'un couple désirant concevoir. Il est important de distinguer l'infertilité qui s'établit sur une période de temps donné, de la stérilité qui correspond à un statut définitif d'infertilité.

La fécondabilité correspond à la probabilité de fécondation au cours du cycle menstruel. Elle exprime donc le degré de fertilité. Elle est couramment mesurée par le délai nécessaire à concevoir (*Time to pregnancy* en anglais) qui correspond au temps entre l'arrêt de la



contraception et l'obtention d'une grossesse. Ce délai est donc directement lié à la fécondabilité (plus cette dernière est élevée, plus le délai nécessaire à concevoir sera court).

Dans les études épidémiologiques, plusieurs mesures d'association entre l'exposition et le délai nécessaire à concevoir ont été utilisées : Le *Fecundability Ratio* (FR), le *Fecundability Density Ratio* (FDR) et le *fecundability Odd Ratio* (fOR) qui sont des rapports de risque estimés grâce à des modèles à risque proportionnel et qui représentent la fécondabilité des travailleurs exposés par rapport aux non-exposés. Lorsque ces ratios sont inférieurs à un, cela reflète un délai nécessaire à concevoir allongé et donc une diminution de la fécondabilité chez le groupe exposé.

**TABLEAU 7: ÉTUDES SUR LES ATTEINTES A LA FERTILITE ET FECONDABILITE CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS**

Auteurs, année et pays	Schéma d'étude	Population (N)	Dates d'inclusion et de suivi	Exposition	Évènement de santé	Résultats principaux
<i>Études de cohorte</i>						
<b>Bretveld 2006</b> Pays-Bas	Cohorte rétrospective	Floriculteurs en serre (1545 femmes)	2002	Travail en serre et tâches spécifiques	Temps de conception	Travail en serre : FR aj=1,11 [0.96-1.29] - >32 h/semaine : FR aj=0.78 [0.59-1.01] - Primipare et cueillette : FR=0.5 [0.2-1.2]
<b>Bretveld 2007</b> Pays-Bas	Cohorte rétrospective	Floriculteurs en serre (1307 hommes)	2002	Travail en serre et tâches spécifiques	Temps de conception	Primipare : <b>FR aj=0.7 [0.5-0.9]*</b>
<b>Abell 2000</b> Danemark	Cohorte rétrospective	Floriculteurs en serre (253 femmes)	1995-96	Nombre d'heures par semaine à manipuler les pesticides, utilisation de gants	Temps de conception	Application : FR aj=0.8 [0.6-1.1] Sans gants : <b>FR aj=0.7 [0.5-1.0]*</b> Hautes expositions : <b>FR aj=0.6 [0.5-0.9]*</b>
<b>Lauria 2006</b> Italie	Cohorte rétrospective	Floriculteurs en serre (717 femmes)	2000-01	Travail en serre au moment de la conception	Temps de conception	HR aj =1,0 [0,8-1,1]
<b>Petrelli 2001</b> Italie	Cohorte rétrospective	Floriculteurs en serre (300 hommes)	Non spécifiée	Nombre d'heures d'application de pesticides/an à la 1 <sup>re</sup> grossesse	Temps de conception	> 100 h d'application/an : <b>OR=2.4 [1.2-5.1]*</b>
<b>Sallmèn 2003</b> Finlande	Cohorte prospective	Floriculteurs et horticulteurs en serre (578 couples)	1994	Appliquer et manipuler des plantes traitées	Temps de conception	Exposés vs non-exposés : FR=0.8 [0.6-1.0] Primipare, faible exposition : <b>FR=0.4 [0.2-0.8]*</b> Primipare, haute exposition : <b>FR=0.3 [0.1-1.0]*</b>
<b>Ramlau 2012</b> Danemark	Cohorte rétrospective	Fils de jardiniers (1482)	1965 - 1984	L'emploi du père l'année précédent la naissance	Infertilité masculine	Dans tous les modèles, HR<1

(>50 % du total des heures travaillées)

Études transversales

<b>Idrovo 2005</b> Colombie	Transversale	Floriculteurs (2084 femmes)	2001	Travail en floriculture l'année avant la naissance, catégorie professionnelle, durée de travail	Temps de conception	Travail en floriculture : fOR=0.9 [0.8-1.0] > 2 ans : <b>fOR=0.8 [0.7-0.9]*</b>
<b>Blanco-Munoz 2010</b> Mexique	Transversale	Floriculteurs (108 hommes)	2004	Pesticides organophosphorés Hautes expositions : fumigations, préparation des bouillies et entretien des applicateurs Modérées : travail de réentrée ou tâches administratives Faibles : Utilisateurs de produits autorisés en bio	Profil hormonal masculin	Concentrations des DMP, DEP, DETP et total DAP* et créatinine ajustée associés négativement avec les niveaux sériques en inhibine B Concentrations en DEP associées négativement à la concentration sérique en FSH.
<b>Abell 2000</b> Danemark	Transversale	Floriculteurs (122 hommes)	1993-94	Niveau d'exposition selon les tâches : - Faible : administration, surveillance, repotage, déplacement du mobilier, nouveaux arrivés - Modérée : emballage, soin et surveillance des plantes, piquage et repotage - Haute : bouture et taille Exposition totale : nombre d'années de travail [<4 ans]; [5-9] et [>10]	Qualité spermatique et profil hormonal	Proportion de spermatozoïdes normaux : - Exposition modérée : Medium: OR aj=0,84 [0.67-1.03] (65 cas) - Exposition haute : <b>OR aj=0.67 [0.47-0.95]*</b> (13 cas)/ <b>p trend=0.02</b> - Employé entre 5-9 ans : OR aj=1.18 [0.94-1.49] - >10 ans : OR aj=1.26 [0.98-1.62]/ <b>p trend=0.05</b> Proportion de spermatozoïdes non viables : - Exposition modérée : OR aj=1.03 [0.76-1.39] - Haute : ORaj=1.20 [0.76-1.88]/p trend = 0,49

FSH (IU/l), moyenne (écart type) :  
- [<4 ans] : 4,2 (1,5)/[5-9 ans] : 4,7  
(2,2)/[>10 ans] : 5,2  
(2,6)/**p trend=0.02**

Testosterone/SHBG (Moyenne  
ajustée, 95 % IC) :  
- [<4 ans] : 1,31/[5-9 ans] : **1,21**  
**(1.05-1.41)\***/[>10 ans] : 1,06  
(0.71-1.28/**p trend=0.008**

---

Dans la partie résultats : FR : Fecundability Ratio; fOR: fecundability Odd Ratio; OR : Odd Ratio; HR : Hazard Ratio; aj : ajusté. \* Résultats significatifs.

## ➤ Études de cohorte

En 2006, une étude hollandaise a analysé la fécondabilité via le délai de conception chez des femmes travaillant dans la production florale sous serres (Bretveld et al., 2006) : 398 travailleuses en serres ont été comparées à 524 travailleuses non exposées aux pesticides. Les femmes travaillant en floriculture plus de 32 heures par semaine présentaient une fécondabilité diminuée (c'est-à-dire un délai de conception plus long) par rapport aux femmes travaillant à mi-temps (FR ajusté = 0,8 [0,6-1,0]). De même pour les femmes exposées, primipares et qui avaient pour tâche de ramasser les fleurs (FR=0,5 [0,2-1,2]). En 2007, cette étude a été étendue aux hommes (694 travailleurs en floriculture sous serres *versus* 613 référents) (Bretveld et al., 2008). Les couples dans lesquels l'homme était exposé aux pesticides présentaient cette fois-ci un délai de conception plus court (FR=1,1 [1,0-1,26]). Après stratification sur la parité, ce délai était plus long chez les couples primipares (FR=0,7 [0,5-0,9]).

Des résultats comparables ont été obtenus dans une étude finlandaise qui s'est intéressée à l'exposition avant et pendant la grossesse chez des floriculteurs et horticulteurs (Sallmén et al., 2003). Plus de 500 couples dont l'homme travaillait sous serres pendant au moins un mois entre 1980 et 1990 ont été inclus, et les hommes réalisant des traitements aux pesticides ou manipulant des plantes traitées étaient considérés exposés. Les travailleurs qui ont appliqué des pesticides uniquement une fois par mois ou qui manipulaient des plantes traitées moins d'une fois par semaine étaient considérés comme faiblement exposés; tandis que ceux appliquant au moins une fois par mois ou qui ont travaillé plus de trois jours en contact avec des plantes traitées étaient classés comme fortement exposés. Le délai de conception était plus long chez les exposés, mais de façon non significative (FDR=0,8 [0,6-1,0]). Cette association s'est avérée d'autant plus forte pour les femmes primipares faiblement et fortement exposées (respectivement FDR=0,4 [0,2-0,8] et FDR=0,3 [0,1-1,0]). De plus, l'exposition aux insecticides pyréthrinoïdes était significativement associée à une fécondabilité diminuée (FDR=0,4 [0,2-0,8]). Une diminution non significative a été observée avec les organophosphorés et carbamates (respectivement FDR=0,7 [0,4-1,2] et FDR=0,6 [0,3-1,1]).

En Italie, une étude comparable a été menée auprès de femmes ayant travaillé plus de six mois en floriculture au moment de la conception (Lauria et al., 2006). Au total, 717 femmes ont été incluses et 713 grossesses ont été considérées pour les analyses. La fécondabilité était identique pour les femmes exposées durant le mois de la conception (HR=1,0 [0,8-1,1], 287 cas).

Une autre étude italienne a comparé la fertilité entre 127 travailleurs masculins en floriculture et 173 personnels administratifs (Petrelli and Figà-Talamanca, 2001). Les travailleurs étaient classés selon le nombre d'heures d'application de pesticides par an. Une

augmentation significative du délai de conception a été observée chez les hommes exposés plus de 100 heures par an (OR=2,4 [1,2-5,1], 46 cas).

En 2000, une étude danoise s'est intéressée aux femmes travaillant en floriculture et membres du syndicat des jardiniers danois (Abell et al., 2000b). La durée d'exposition était définie par le nombre d'heures passées à traiter des plantes. Aucune différence de délai de conception entre ces travailleuses et des femmes non exposées n'a été observée (FR=1,1 [0,9-1,4], 253 grossesses). Cependant, lorsque la durée d'exposition était prise en compte, le délai était plus long pour les femmes travaillant plus de 20 heures par semaine (FR=0,7 [0,5-1,0], 220 cas), pour celles appliquant des pesticides (FR=0,8 [0,6-1,1], 82 cas) et plus spécifiquement, pour celles ne portant pas de gants (FR=0,7 [0,5-1,0], 156 cas). En combinant ces caractéristiques, la fécondabilité était très nettement réduite (FR=0,6 [0,5-0,9], 202 cas). En comparaison avec la population générale, le délai de conception était plus long pour les travailleuses incluses dans l'étude (FR=0,8 [0,7-1,0]).

Dans une étude rétrospective conduite au Danemark en 2012, l'association entre l'emploi du père et la fertilité chez les fils a été étudiée (Ramlau-Hansen et al., 2012). Les fils de jardiniers et de peintres en bâtiment ont été comparés avec des fils de maçons, charpentiers et électriciens. L'emploi du père au moment de la conception (obtenu via le registre des pensions) a été croisé avec des diagnostics d'infertilité mentionnés dans un registre spécialisé sur la fécondation in vitro. Aucune association entre la profession du père, et ses potentielles expositions associées, et l'infertilité chez les fils n'a été trouvée.

### ➤ Études transversales

En Colombie, la fécondabilité de plus de 2 000 femmes ayant travaillé en floriculture pendant deux ans ou plus avant un projet de grossesse a été étudiée (Idrovo et al., 2005). Les niveaux d'exposition ont été déterminés à l'aide d'une matrice combinant le statut de travail et la durée de travail en floriculture. Les femmes considérées comme exposées présentaient une fécondabilité diminuée par rapport aux femmes sans emploi ou ayant un autre emploi (fOR=0,9 [0,8-1,0]), et ce de façon d'autant plus prononcée lorsque la durée de travail excédait deux ans (fOR=0,7 [0,6-0,8]). Cependant, il est important de noter qu'un résultat similaire a été observé chez des femmes non exposées travaillant dans le secteur tertiaire (fOR=0,7 [0,5-1,0]).

En 2010, une autre étude transversale colombienne a investigué l'association entre l'exposition aux organophosphorés et le profil hormonal d'hommes travaillant en floriculture (Blanco-Munoz et al., 2010). Les métabolites des organophosphorés (phosphate de dialkyl) étaient mesurés dans les urines et le profil hormonal était déterminé par le niveau sérique

d'hormone folliculo-stimulante (FSH), hormone lutéale (LH), prolactine, testostérone, inhibine B (protéine produite par les cellules testiculaires chez l'homme et ayant une action inhibitrice sur la synthèse de FSH), œstradiol. Des variations de la concentration en inhibine B et FSH en fonction des niveaux de métabolites ont été observées, ce qui suggérait un possible impact des organophosphorés sur le système endocrinien.

Une autre étude s'est intéressée au profil hormonal de danois travaillant en floriculture en évaluant la qualité de leur sperme (Abell et al., 2000a). Les travailleurs étaient classés de faiblement à fortement exposés en fonction des tâches effectuées et le nombre total d'années dans ce secteur était pris en compte pour estimer l'exposition totale. En comparaison avec les travailleurs faiblement exposés, les travailleurs considérés moyennement ou fortement exposés présentaient une concentration et une vélocité spermatiques diminuées (mais non significativement). De plus, la proportion de spermatozoïdes normaux était significativement plus basse chez les hommes moyennement et fortement exposés et une relation dose-effet a été identifiée ( $p \text{ trend}=0,02$ ). La concentration spermatique ainsi que la vélocité et la proportion de spermatozoïdes normaux semblaient affectées par le nombre d'années passées dans ce secteur d'activité. Concernant le profil hormonal, une augmentation de la FSH et une diminution de la testostérone en fonction du nombre d'années ont également été identifiées (respectivement  $p \text{ trend} = 0,02$  et  $0,008$ ).

### 2.2.2.3 INTERRUPTIONS SPONTANÉES DE GROSSESSE, MALFORMATIONS, AUTRES ANOMALIES

#### ➤ Études de cohortes

Au Danemark, une étude rétrospective conduite entre 1972 et 1980 auprès de 853 femmes jardinières et issues d'autres professions (assistantes dentaires, ouvrières et peintres), a investigué l'association entre ces différentes professions et le risque de fausses-couches autodéclarées ou issues de registres hospitaliers (Heidam, 1984). Pour les travailleuses en serres, le risque de fausses-couches autodéclarées était plus élevé pour les femmes exposées aux pesticides (mais de façon non significative).

En Italie, une étude de cohorte rétrospective a été conduite entre 1990 et 1999 auprès de 717 femmes travaillant en floriculture sous serres (Settimi et al., 2008). Étaient considérées comme exposées, toutes les femmes ayant travaillé plus d'un mois durant le premier trimestre de la grossesse. Cinq niveaux d'exposition étaient considérés : i) femmes non exposées aux pesticides (catégorie 1); ii) exposées, mais sans indication sur les tâches réalisées (catégorie 2); iii) exposées, mais n'ayant pas réalisé de tâches de réentrée dans les 24 heures suivant une application de pesticides (catégorie 3); iv) exposées et ayant réalisé des tâches de réentrée

dans les 24 heures suivant une application (catégorie 4) et v) exposées et ayant appliqué des pesticides dans la serre (catégorie 5). Les femmes des catégories 4 et 5 présentaient un risque important de fausses-couches (respectivement  $OR=3,2$  [1,3-7,7] et  $OR=2,6$  [1,0-6,6]).

Une étude prospective danoise conduite entre 1997 et 2003 a comparé les évènements indésirables en cours de grossesse chez des femmes jardinières et des agricultrices par rapport à des femmes occupant d'autres professions non exposées aux pesticides (Zhu et al., 2006). Seule l'incidence de naissance prématurée était supérieure chez les jardinières ( $OR=2,6$  [1,1-5,9], 6 cas). Les agricultrices ne présentaient aucun excès de risque par rapport aux autres travailleuses.

En Équateur, le projet EcoSalud s'est intéressé à l'histoire reproductive de plus de 200 mères travaillant en floriculture et exposées aux pesticides (Handal and Harlow, 2009). Les femmes ayant travaillé dans ce secteur les six dernières années avaient un risque plus important de fausses-couches ( $OR=2,6$  [1,0-6,7]) et de façon plus prononcée pour celles ayant travaillé au moins trois ans ( $OR=3,4$  [1,3-8,8]).



**TABLEAU 8: ÉTUDES SUR LES EVENEMENTS INDESIRABLES LORS DE LA GROSSESSE OU A LA NAISSANCE**

Auteur, année, pays	Schéma d'étude	Population (N)	Dates d'inclusion et de suivi	Exposition	Évènement de santé	Résultats principaux
<i>Anomalies lors de la grossesse ou à la naissance</i>						
Heidam 1984 Danemark	Cohorte rétrospective	Jardiniers (853 femmes)	1972-80	Avoir travaillé en tant que jardinier au moins un mois durant la période d'étude	Fausse-couche	Autodéclaration: - Jardinières en serre : OR aj=0.9 [0.4-2.2] (8 cas)/exposées aux pesticides vs non-exposées : OR aj = 2,0 [0.3-11.8] (6 cas) - Jardinières en extérieur : OR aj=1.3 [0.2-7.1] (2 cas) Registres hospitaliers : Fausse-couche : - Jardiniers : OR adj = 1,2 [0.8-1.8] (59 cas)
Settimi 2008 Italie	Cohorte rétrospective	Floriculteurs (717 femmes, 973 grossesses)	1990-1999	Avoir travaillé au moins un mois en floriculture (serre) durant le 1 <sup>er</sup> trimestre de grossesse 5 niveaux d'exposition	Fausse-couche	- Exposées et travail de réentrée dans les 24 h précédents une application (cat. 4): <b>OR aj = 3,2 [1,3-7,7]*</b> (N=40) - Application de pesticides (cat. 5): OR aj = 2,6 [1,0-6,6] (N=32) - Père travaille en agriculture : OR aj = 1,6 [0.7-3.7] (N=106)
Zhu 2006 Danemark	Cohorte prospective	226 jardinières et 214 agricultrices (440) — Femmes	1997 – 2003	Intitulé de l'emploi et utilisation de pesticides avant et pendant la grossesse	Anomalies lors de la grossesse	<i>Jardinières :</i> Naissance prématurée : <b>OR=2.6 [1.1-5.9]*</b>
Handal 2009 Équateur	Transversale	Floriculteurs (219 femmes)	2001	Travail en floriculture au cours des 6 dernières années et	Fausse-couche	Travail en floriculture au cours des 6 dernières années : <b>OR=2.63</b>

				nombre d'années dans le secteur		[1.03-6.73]* (aj sur l'âge maternel) Travail en floriculture plus de 4 ans sur les 6 dernières années : <b>OR=3.35 [1.27-8.83]*</b> (aj sur l'âge maternel)
<b>Restrepo 1990</b> Colombie	Transversale	Floriculteurs (8867) et 13984 grossesses)	1981	Durée en floriculture, taille de l'entreprise, type d'emploi durant la grossesse, antécédents d'intoxication aux pesticides et utilisation des EPI	Anomalies lors de la grossesse et à la naissance	Femmes travaillant/Épouses de maris travaillant en floriculture : - Fausse-couche : <b>OR=2.20 [1.82-2.66]/1.79 [1.16-2.77]*</b> - Naissance prématurée : <b>OR=1.86 [1.59-2.17]/2.75 [2.01-3.76]*</b> - Malformations : <b>OR=1.34 [1.07-1.68]/1.53 [1.04-2.25]*</b>
<b>Moreno-Banda 2009</b> Mexique	Transversale	Floriculteurs (328 femmes et 467 grossesses)	2005	Travail en floriculture durant la grossesse	Faible poids de naissance	Travail en floriculture : OR aj=0.48 [0.16-1.42] Travail en floriculture et génotype PON1 192RR : <b>OR=5.93 [1.28-27.5]*</b>
<b>Blanco-Munoz 2013</b> Mexique	Transversale	Floriculteurs (298 femmes et 635 grossesses)	2005	Travail en floriculture entre 3 mois avant et 5 mois après la grossesse	Fausse-couche	Travail durant cette période : OR=0.59 [0.26-1.31] Pas d'interaction entre génotype PON1 et le travail en floriculture
<b><u>Malformations</u></b> <b>Restrepo 1990</b> Colombie	Cas-témoin	Enfants de floriculteurs (222)	1981	Ancienneté en floriculture, taille de l'entreprise, type d'emploi durant la grossesse, antécédents d'intoxication aux pesticides, utilisation des EPI	Malformations	Père travaillant en floriculture : malformations (RR=1.7, p>0,01). Mère travaillant en floriculture : malformations ( <b>RR=1,8 [1,2-2,7]*</b> ) et hémangiome ( <b>RR=6,6*, p&lt;0,05</b> )

<b>Desrosiers 2012</b> USA	Cas-témoin	9998 cas — 4066 témoins issus de la population générale	1997 — 2004	Intitulé de l'emploi du père	Malformations	Paysagistes, agents d'entretien des terrains : - Maladie des brides amniotiques : OR=1,9 [0,9-4,4] - Atrésie biliaire : 1,7 [1.0- 2.8] Anomalie du retour veineux pulmonaire : <b>OR=1.8 [1.2-2.8]*</b> Mère jardinière : - <i>Cryptorchidie</i> : <b>OR aj=1,7</b> <b>[1,1-2,5]*</b> - <i>Hypospadias</i> : OR aj=0.85 [0.34-2.11] Père jardinier : - <i>Cryptorchidie</i> : OR aj=1.26 [0.80-2.04] - <i>Hypospadias</i> : OR aj=1.16 [0.88-1.53]
<b>Weidner 1998</b> Danemark	Cas-témoin	7522 cas — 23273 témoins issus de la population générale	1983 — 1992	Intitulé et code de l'emploi des parents au moment de la conception	Cryptorchidie et hypospadias	
<b>Shaw 2002</b> USA	Cas-témoin	538 cas — 539 témoins	1989 — 1991	Intitulé de l'emploi du père	Anomalie du tube neural	Jardiniers/agents d'entretien et terrains : OR=1.5 [0.7-3.2]
<b>Fear 2007</b> UK	Cas-témoin	694 cas — 694 témoins issus d'une base de données des maternités	1970 — 1987	Intitulé de l'emploi du père	Anomalie du tube neural	Exposés à des produits agrochimiques: <b>OR aj=2.69 [1.09- 6,65]*</b> (20 cas et 7 cas) - Agriculteurs : 15 cas vs 5 témoins - Jardiniers/agents d'entretien terrain : 5 cas vs 1 témoin
<b>Brender 1989</b> USA	Cas-témoin	737 cas — 1464 témoins sains issus de registres	1981 — 1986	Intitulé de l'emploi du père	Anencéphalie	Jardiniers et paysagistes : OR=0.91 [0.32-2.58] (5 cas et 13 témoins)

**Développement neurocomportemental**

<b>Handal 2007</b> Équateur	Transversale	Enfants de floriculteurs âgés de 24 à 61 mois (142)	2003-04	Mère travaillant en floriculture les 6 dernières années et pendant la grossesse.	Développement neurocomportemental	<p><i>Travail durant la grossesse</i> : baisse non sign. des scores de communication (-2,9 % [-6,1% to 2,6%]), motricité globale (-1,4 % [-4,8% to 3.1%]) et augmentation non sign. du score de résolution de problèmes : (+6 % [-0,6% to 7,8])</p> <p><i>Travail actuel en floriculture</i> : augmentation non sign. du score de résolution de problèmes (+8,4 % [0,7-9,4 %]).</p> <p><i>Travail en floriculture durant la grossesse</i> : baisse non sign. des scores de communication (-8 % [-16% to 0,5%]), motricité fine (-13 % [-22% to -5 %]), acuité visuelle (OR=4,7 [1,1-20]. 1-20)).</p> <p>Utilisation de pesticides au travail : baisse des scores de communication (-6 % [-15% to -2 %]), motricité fine (-13 % [-21% to -5 %]) et acuité visuelle (OR=3,9 [0,94-16]).</p> <p><i>Exposition prénatale</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse sign. des scores de l'échelle Stanford-Binet (p=0,02 and 0,03).</li> <li>- Augmentation sign. de la pression systolique (p=0,018)</li> </ul> <p><i>Exposition actuelle</i> :</p>
<b>Handal 2008</b> Équateur	Transversale	Enfants de floriculteurs âgés de 3 à 23 mois (121)	2003-04	Mère travaillant en floriculture durant la grossesse, nombre d'heures de travail, tâches, utilisation de pesticides	Développement neurocomportemental	<p><i>Travail durant la grossesse</i> : baisse non sign. des scores de communication (-8 % [-16% to 0,5%]), motricité fine (-13 % [-22% to -5 %]), acuité visuelle (OR=4,7 [1,1-20]. 1-20)).</p> <p>Utilisation de pesticides au travail : baisse des scores de communication (-6 % [-15% to -2 %]), motricité fine (-13 % [-21% to -5 %]) et acuité visuelle (OR=3,9 [0,94-16]).</p> <p><i>Exposition prénatale</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse sign. des scores de l'échelle Stanford-Binet (p=0,02 and 0,03).</li> <li>- Augmentation sign. de la pression systolique (p=0,018)</li> </ul> <p><i>Exposition actuelle</i> :</p>
<b>Grandjean 2006</b> Équateur	Transversale	Enfants de floriculteurs (72)	Non mentionnées	Exposition prénatale : mère employée en floriculture durant la grossesse. Exposition actuelle : [C] des métabolites des organophosphorés	Développement neurocomportemental et pression artérielle	<p><i>Exposition prénatale</i> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baisse sign. des scores de l'échelle Stanford-Binet (p=0,02 and 0,03).</li> <li>- Augmentation sign. de la pression systolique (p=0,018)</li> </ul> <p><i>Exposition actuelle</i> :</p>

<b>Harari 2010</b> Équateur	Transversale	Enfants de floriculteurs (84)	Non mentionnées	Exposition prénatale aux pesticides : Parents non exposés/père exposé/mère exposée. Exposition actuelle : idem que Grandjean et al. 2006	Développement neurocomportemental et pression artérielle	- Augmentation sign. du temps de réaction (p=0,011) <i>Mère exposée :</i> - Retard de développement de 1,5 à 2 ans (baisse sign. de la vitesse de motricité, coordination et mémoire visuelle).
<b><u>Cancers pédiatriques et maladies chroniques</u></b>						
<b>Gunier 2017</b> USA	Cas-témoin	669 cas — 1021 témoins issus de la population générale	1995 — 2008	Exposition aux pesticides estimée via une matrice emploi-exposition	Leucémie lymphoblastique aiguë	Jardiniers, pépiniéristes : OR=1,5 [0,7-3,3]
<b>Olshan 1999</b> Pays-Bas	Cas-témoin	504 cas — 504 témoins issus de la population générale	1992 — 1996	Intitulé de l'emploi du père	Neuroblastome	Paysagiste/agent d'entretien des terrains : OR aj=2,3 [1,0-5,2]
<b>Graves 2017</b> USA	Cas-témoin	265 cas — 412 témoins hospitaliers	2011 — 2015	Intitulé de l'emploi des parents et utilisation de pesticides avant, pendant et après la naissance — matrice emploi-exposition	Sclérose en plaques	Père jardinier : <b>OR=2.2 [1.1-4.2]*</b>

Dans la partie résultats : OR : Odd Ratio ; RR : Relative Risk ; aj : ajusté \* Résultats significatifs.

### ➤ Études transversales

En Colombie, la prévalence des évènements indésirables pendant la grossesse a été estimée chez plus de 8000 travailleurs en floriculture (Restrepo et al., 1990b). Étaient inclus les couples pour lesquels au moins un des deux parents avait travaillé six mois ou plus dans ce secteur. Les niveaux d'exposition ont été estimés en prenant en compte la quantité de pesticides utilisés par hectare, le type d'emploi et les tâches effectuées, et le temps passé au sein de l'entreprise. Chez les femmes travaillant en floriculture, des augmentations significatives du risque de fausses-couches (OR=2,2 [1,8-2,7]), naissances prématurées (OR=2,9 [1,6-2,2]) et de malformations (OR=1,3 [1,1-1,7]) ont été observées. Cependant, le risque le plus important de fausses-couches a été observé chez des femmes non exposées aux pesticides (OR=3,2 [1,5-6,7]).

Au Mexique, une étude transversale conduite chez des femmes floricultrices a évalué l'effet des expositions maternelles aux pesticides durant la grossesse sur le poids de naissance ainsi que le rôle de l'interaction avec le polymorphisme maternel PON1 Q129RR (Moreno-Banda et al., 2009). PON1 joue un rôle important dans la détoxification de certains pesticides, dont les métabolites des organophosphorés. Son action peut être réduite par certains polymorphismes du gène PON1, augmentant ainsi la toxicité des organophosphorés. Dans cette étude, 328 femmes et 467 grossesses ont été analysées et aucune association avec le fait de travailler en floriculture n'a été identifiée. Cependant, lorsque l'on prenait en compte le génotype PON1 192RR, le risque de faible poids de naissance (<2500 g) était presque six fois supérieur par comparaison avec les femmes non exposées.

En 2013, le risque de fausses-couches et l'association avec le travail en floriculture et le polymorphisme génétique de PON1 ont été analysés dans une étude mentionnée plus haut (Blanco-Muñoz et al., 2013). Les femmes ayant travaillé dans la production de fleurs au moment d'une période de risque important de fausses-couches (trois mois avant la grossesse et jusqu'au 5e mois de grossesse) étaient considérées comme exposées. Aucune interaction entre les génotypes PON1 et le travail en floriculture durant la période à risque n'a été trouvée.

### ➤ Études cas-témoins

Dans une étude cas-témoin nichée dans la cohorte colombienne mentionnée précédemment (Restrepo et al., 1990b), le risque de malformations chez 222 enfants dont les parents étaient exposés professionnellement aux pesticides en floriculture a été analysé (Restrepo et al., 1990a). Les niveaux d'exposition étaient déterminés en prenant en compte la durée de l'emploi dans ce secteur, la taille de l'entreprise, le type d'emploi pendant la

grossesse, les antécédents d'intoxication aux pesticides et l'utilisation d'EPI. L'exposition paternelle était statistiquement associée à un risque élevé de malformations (RR=1,7,  $p<0,01$ ). L'exposition maternelle durant la grossesse était également associée à ce risque (RR=1,8 [1,2-2,7]), surtout pour les hémangiomes (RR=6,6,  $p<0,05$ ).

Aux États-Unis, l'association entre l'emploi des pères et 60 types de malformations congénitales a été étudiée chez près de 10 000 enfants atteints et 4 000 sujets sains (Desrosiers et al., 2012). Les enfants dont le père avait travaillé dans le secteur des espaces verts (de trois mois avant la conception jusqu'à la naissance) présentaient un risque plus important de maladie des brides amniotiques (OR=1,9 [0,9-4,4], 2 cas), d'anencéphalie (OR=1,4 [1,0-2,1], 8 cas), d'atrésie œsophagienne (OR=1,2 [0,9-1,8], 8 cas), d'atrésie biliaire (OR=1,7 [1,0-2,8], 3 cas) et d'anomalie du retour veineux pulmonaire, aussi appelé syndrome du cimetière (OR=1,8 [1,2-2,8], 7 cas).

Au Danemark, plusieurs bases de données nationales ont fusionné (base de données sur la fertilité, registres de patients, registres des malformations) pour étudier le risque de cryptorchidies et d'hypospadias chez les garçons nés de parents exposés professionnellement aux pesticides (agriculteurs et jardiniers) (Weidner et al., 1998). Comparés aux 23 273 témoins issus de la population générale, les 7 522 garçons diagnostiqués avaient significativement plus de chance d'avoir une mère ayant travaillé en tant que jardinière durant la grossesse (OR=1,7 [1,1-2,5]). Ce risque était plus élevé que pour les mères agricultrices (OR=1,3 [0,9-1,7]). L'emploi du père ne semblait pas être associé à un risque de malformation. Seuls les emplois occupés au moment de la conception et durant la grossesse étaient pris en compte, excluant ainsi les expositions antérieures.

Au Royaume-Uni, l'association entre des anomalies du tube neural et l'emploi du père a été étudiée dans plus de 600 grossesses dont le fœtus présentait ces atteintes (Fear et al., 2007). L'exposition aux pesticides augmentait le risque d'anomalies du tube neural (OR=2,7 [1,1-6,7]) chez les agriculteurs (15 cas contre 5 témoins) et chez les jardiniers (5 cas contre 1 témoin). Une autre étude sur cette malformation a été menée aux États-Unis chez 538 cas comparés à 539 témoins (Shaw et al., 2002). Les enfants dont le père a été jardinier entre les trois mois avant la conception et trois mois après présentaient une élévation du risque non significative d'anomalie du tube neural (OR=1,5 [0,7-3,2], 16 cas). Le risque était doublé pour les agriculteurs (OR=2,1 [1,2-3,9], 34 cas).

Aux États-Unis également, le lien entre l'emploi du père et le risque d'anencéphalie a été étudié sur 737 grossesses diagnostiquées (Brender and Suarez, 1990). Les pères occupant un poste associé à des expositions aux pesticides présentaient un risque plus important d'avoir un enfant souffrant d'anencéphalie (OR=1,3 [0,8-2,1], 24 cas). Cependant, si l'on analysait les

jardiniers et paysagistes séparément des autres professionnels potentiellement exposés aux pesticides, ils ne présentaient pas de surrisque.

#### 2.2.2.4 DEVELOPPEMENT NEUROCOMPORTEMENTAL

##### ➤ Étude de cohorte

Au sein du projet équatorien EcoSalud mentionné précédemment (Handal and Harlow, 2009), le lien entre l'exposition maternelle en floriculture et le développement neurocomportemental a été étudié chez plus de 140 enfants âgés de 24 à 61 mois (Handal et al., 2007). Les enfants dont les mères travaillaient dans ce secteur durant la grossesse présentaient des retards de développement : scores de communication et des capacités motrices inférieurs. Cependant, leur score de résolution de problèmes était supérieur à celui des enfants dont la mère n'avait pas travaillé en floriculture pendant la grossesse. En 2008, cette étude a été étendue aux enfants âgés de 3 à 23 mois (Handal et al., 2008). Chez les enfants dont la mère a travaillé dans ce secteur d'activité pendant la grossesse, les scores de communication, motricité fine et acuité visuelle étaient diminués. Ces résultats ont été confirmés lorsque l'exposition aux pesticides sur le lieu de travail était prise en compte.

##### ➤ Études transversales

Une étude transversale équatorienne conduite en 2006 a analysé les effets des expositions prénatales et actuelles aux pesticides sur le développement neurocomportemental chez plus de 70 enfants de floriculteurs (Grandjean, 2006). L'exposition prénatale était définie par l'intitulé de l'emploi de la mère et l'exposition actuelle par l'activité de l'acétylcholinestérase mesurée dans le sang; et la concentration en métabolites d'organophosphorés était mesurée dans les urines. L'exposition prénatale était associée de façon significative à un score de mémorisation visuelle bas et une augmentation de la tension artérielle systolique. Le temps de réaction était significativement plus long chez les enfants exposés actuellement et était corrélé avec deux métabolites urinaires : le diméthylphosphate et le diéthylphosphate. Aucune association avec l'activité acétylcholinestérase n'était identifiée.

En 2010, cette étude a été étendue à 87 enfants (Harari et al., 2010). L'exposition actuelle était estimée de la même façon que pour la première étude, mais l'exposition prénatale a été distinguée en deux parties : i) pas d'exposition prénatale (référence); ii) exposition paternelle pendant la grossesse seulement et iii) exposition maternelle



indépendamment de l'exposition paternelle. Les enfants ayant une exposition prénatale maternelle avaient des scores significativement plus bas de rapidité et coordination motrice et mémoire visuelle. À l'instar de la première étude, l'exposition actuelle était associée à un temps de réaction significativement plus long.

#### 2.2.2.5 CANCERS ET MALADIES CHRONIQUES CHEZ L'ENFANT

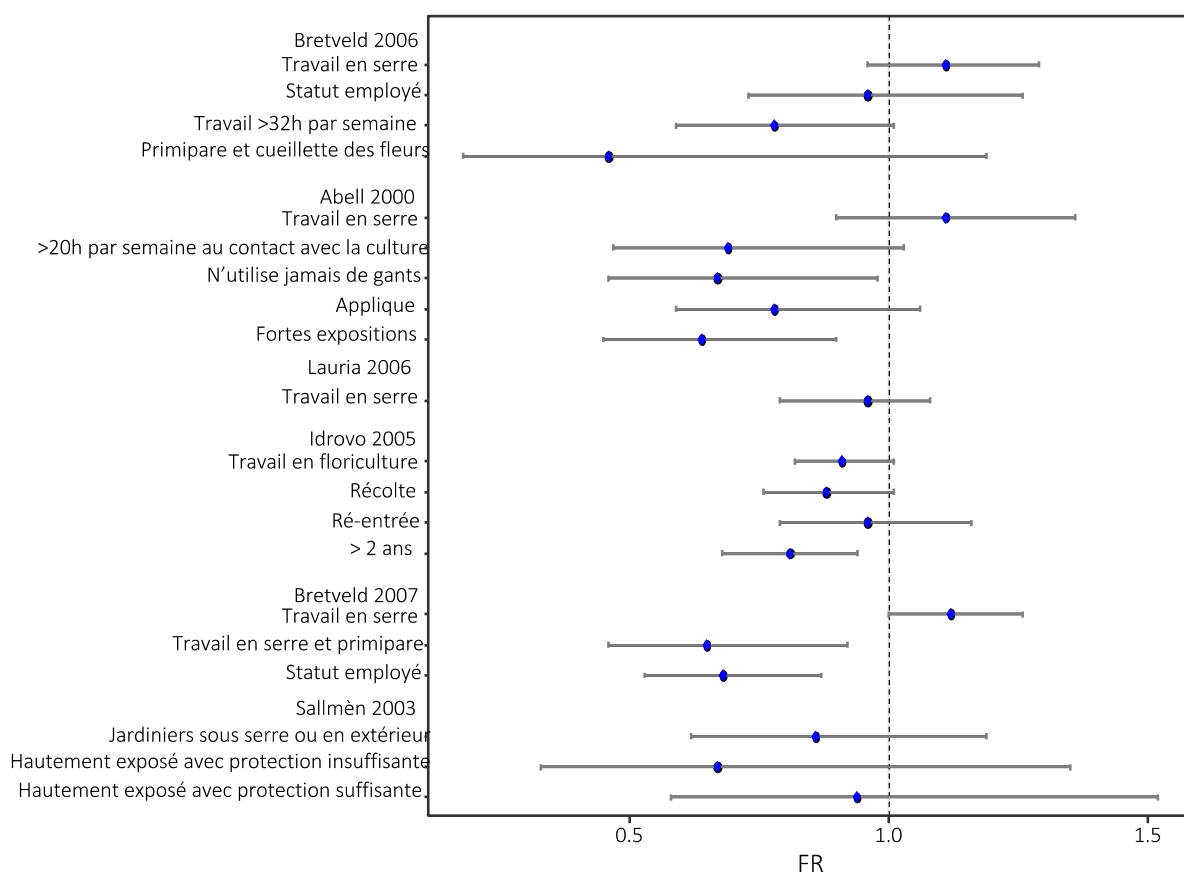
Aux États-Unis, une étude cas-témoin conduite auprès de 669 enfants diagnostiqués avec une leucémie lymphoblastique aiguë s'est intéressée au rôle des expositions parentales (Gunier et al., 2017). Aucune association avec le fait que la mère ait travaillé en espaces verts durant ou après la grossesse n'a été identifiée. Cependant, la profession du père tendait à augmenter le risque (OR=1,5 [0,7-3,3], 446 cas).

Toujours aux États-Unis, une autre étude cas-témoin a analysé le risque de sclérose multiple pédiatrique en relation avec l'emploi des parents (Graves et al., 2017). Comparés avec des enfants sains (N=412), les 265 enfants atteints de la pathologie avaient deux fois plus de risque d'avoir un père ayant travaillé en tant que jardinier entre la conception et le premier anniversaire de l'enfant (OR=2,2 [1,1-4,2], 24 cas).

Aux Pays-Bas, l'association entre le développement de neuroblastomes chez l'enfant et l'emploi des parents au moment de la conception, pendant la grossesse et durant les premières années de l'enfant a été analysée dans une étude cas-témoin incluant 504 enfants diagnostiqués pour cette maladie (Olshan et al., 1999). Les enfants atteints de neuroblastomes avaient deux fois plus de risque d'avoir un père ayant travaillé en tant que jardinier ou paysagiste (OR=2,3 [1,0-5,2], 21 cas). Cette association n'a pas été retrouvée chez les pères agriculteurs, mais une tendance a été identifiée chez les mères agricultrices (OR=2,2 [0,6-8,8], 7 cas).

## SYNTHESE DES RESULTATS :

La plupart des études s'intéressant à la santé reproductive chez les travailleurs en espaces verts ont été conduites en floriculture et ont montré une atteinte de la fertilité et de la fécondabilité (**Figure 11**) ainsi que des risques augmentés de fausses-couches, naissances prématurées, malformations et problèmes de développement neurocomportementaux. Bien que reposant sur un nombre d'études et des effectifs limités, le lien entre ces effets et l'exposition professionnelle aux pesticides semble probant.



**FIGURE 11:** FECONDABILITE DANS LES ETUDES CONDUITES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS (FR : FECUNDABILITY RATIO — UN FR<1 SIGNIFIE UNE FECONDABILITE DIMINUEE CHEZ LES EXPOSES PAR RAPPORT AUX NON-EXPOSES.

## 2.3 DISCUSSION

### 2.3.1 RESULTATS PRINCIPAUX

La revue sur les cancers et maladies neurodégénératives a identifié 44 articles parmi lesquels 15 étaient centrés sur les travailleurs en espaces verts exclusivement. Comme pour les agriculteurs, des augmentations de risque de cancers lymphatiques et hématopoïétiques (leucémie, myélome multiple et lymphome non-Hodgkinien), cancers du système nerveux central et testicule ainsi que de maladie de Parkinson ont été observées de manière répétée chez les travailleurs en espaces verts.

La revue de littérature réalisée sur la fertilité, fécondabilité et problèmes lors de la grossesse et à la naissance a identifié 30 articles au total. La grande majorité était conduite auprès de travailleurs en floriculture. La plupart des études s'accordent sur une fécondabilité diminuée chez ces travailleurs. Une diminution de la fertilité masculine a également été observée dans plusieurs études. Concernant les fausses-couches, naissances prématurées et malformations, des augmentations de risque ont été identifiées, mais reposaient sur un faible nombre d'études.

### 2.3.2 QUALITE DES ETUDES

#### 2.3.2.1 MESURE DE L'EXPOSITION

Dans la plupart des études, l'estimation de l'exposition reposait uniquement sur l'intitulé de l'emploi et/ou du secteur d'activité. Cependant, certaines études ont pu ajouter des informations complémentaires grâce à des questionnaires ou des informations provenant des entreprises, et ainsi mieux appréhender l'exposition. Ces informations concernaient le genre (Hansen et al., 1992), l'année de naissance (Hansen et al., 2007; Kenborg et al., 2012), le nombre d'années dans l'entreprise (Huang et al., 2012; Parent et al., 2000; Pesatori et al., 1994; Zahm, 1997), le nombre de jours d'exposition (Asp et al., 1994a; Riihimäki et al., 1983), les tâches réalisées (Woods et al., 1987) et le type de pesticides utilisés (Axelson et al., 1980; Axelson and Sundell, 1974; Pesatori et al., 1994). D'autres études ont basé l'estimation de l'exposition sur la certification pour appliquer des pesticides (Blair et al., 1983; Fleming et al., 1999a, 1999b). En effet, cette certification pour pouvoir appliquer des pesticides, comparable au Certiphyto en France, existe depuis de nombreuses années dans d'autres pays comme les États-Unis. Dans quelques études, l'âge de l'individu à l'obtention de la première certification a été utilisé pour estimer la durée d'exposition (Fleming et al., 1999 a, 1999b). En utilisant la certification comme proxy de l'exposition, on part de l'hypothèse que le travailleur utilise

obligatoirement des pesticides, et ce durant toute la période de validité de la licence, ce qui peut conduire à des erreurs de classement vis-à-vis de l'exposition. L'une des limites majeures des études ne se basant que sur l'intitulé de l'emploi ou sur la certification est qu'elles ne peuvent prendre en compte de nombreux déterminants de l'exposition tels que les tâches réalisées, le port des EPI, l'environnement de travail ou encore le nombre d'heures passées au contact des pesticides, ce qui peut mener à des erreurs de classement. De plus, il est alors difficile de prendre en compte les expositions anciennes et les parcours professionnels complexes. La plupart des études relevées ici ne précisent pas les niveaux, la durée ou encore la fréquence d'exposition, ce qui rend difficile l'exploration d'une éventuelle relation dose-effet ou l'identification de la dose pouvant induire un effet. Aussi, la fenêtre d'exposition peut difficilement être appréhendée ici. Or, pour les maladies à latence longue telles que les cancers et maladies neurodégénératives, le temps entre l'exposition et la survenue de la pathologie peuvent être longs. Pour les effets sur la reproduction, la période pertinente de l'exposition à prendre en compte peut être relativement courte. Avoir l'information sur le dernier emploi occupé est donc moins impactant ici que pour les maladies à longue latence. Certaines études ont combiné l'intitulé de l'emploi ou le fait d'avoir une certification avec des données de vente ou de quantité de produits utilisés par l'entreprise ou la municipalité (Blair et al., 1983; Swaen et al., 2004, 1992), améliorant ainsi l'estimation de l'exposition.

Certaines études ont estimé l'exposition par des questionnaires conduisant à des classifications dichotomiques (« exposé » et « non exposé ») (Colt et al., 2011; Huang et al., 2012; Teschke et al., 1997) ou une classification par niveau (exposition « faible », « modérée » et « forte ») (Parent et al., 2000; Woods et al., 1987). Ce type de classement reste encore relativement imprécis, car il ne prend pas en compte le port des EPI, le matériel d'application ou le type de matières actives utilisées. Quelques études ont néanmoins demandé le type de pesticide utilisé (Colt et al., 2011; Parent et al., 2000; Teschke et al., 1997), mais des biais de mémorisation peuvent de produire, surtout pour les expositions anciennes. De plus, certains employés ne sont pas toujours au courant des produits qu'ils appliquent.

Enfin, toujours concernant la mesure de l'exposition, une étude a utilisé une matrice emploi-exposition (Wingren et al., 1990). L'avantage des matrices est qu'elles ne sont pas sensibles au biais de mémorisation et peuvent prendre en compte plusieurs expositions à la fois. Cependant, elles ne tiennent pas compte de la variabilité de l'exposition à l'intérieur d'un emploi ou lors d'une tâche. Elles sont donc sujettes au risque d'erreurs de classement non différentielles.

### 2.3.2.2 MESURE DE L'ÉVÈNEMENT DE SANTE

Pour les études relatives aux cancers et maladies neurodégénératives, les données de santé étaient le plus souvent issues des registres de cancer en population (Andersen et al., 1999; Axelson et al., 1980; Axelson and Sundell, 1974; Balarajan and Acheson, 1984; Fleming et al., 1999 a, 1999b; Hadkhale et al., 2016; Hansen et al., 2007, 1992; Jansson et al., 2015; Ji and Hemminki, 2006; Katuwal et al., 2018; Kjaerheim et al., 2010; Littorin et al., 1993; Lope et al., 2008; Mannetje et al., 2008; Michalek et al., 2019; Partanen et al., 1994; Pérez-Gómez et al., 2005; Pukkala et al., 2009; Teschke et al., 1997; Wingren et al., 1990; Woods et al., 1987; Zhong and Rafnsson, 1996), suivis par les registres hospitaliers (Huang et al., 2012; Parent et al., 2000) et les certificats de décès (Asp et al., 1994; Blair et al., 1983; Fleming et al., 1999a, 1999b; Gallagher et al., 1986; Pesatori et al., 1994; Riihimäki et al., 1983; Swaen et al., 2004, 1992). Ces sources de données sont généralement considérées comme exhaustives. Le biais d'information associé à l'autodéclaration est ainsi limité. Cependant, cette méthode ne permet pas de recueillir les informations sur les potentiels facteurs de confusion. Seulement neuf études les ont pris en compte dans leurs analyses : l'ajustement sur la consommation de tabac n'a été fait que dans cinq études (Huang et al., 2012; Mannetje et al., 2008; Partanen et al., 1994; Teschke et al., 1997; Wingren et al., 1990) et sur l'alcool dans une étude (Huang et al., 2012).

Concernant les études portant sur les problèmes de reproduction, l'évènement d'intérêt était le plus souvent déterminé par autodéclaration (Abell et al., 2000b; Blanco-Muñoz et al., 2013; Bretveld et al., 2008, 2006; Handal and Harlow, 2009; Idrovo et al., 2005; Lauria et al., 2006; Petrelli and Figà-Talamanca, 2001; Restrepo et al., 1990b; Settimi et al., 2008), suivi par les registres nationaux (Brender and Suarez, 1990; Desrosiers et al., 2012; Fear et al., 2007; Ramlau-Hansen et al., 2012; Weidner et al., 1998; Zhu et al., 2006), registres hospitaliers (Graves et al., 2017; Gunier et al., 2017; Heidam, 1984; Olshan et al., 1999; Sallmén et al., 2003; Shaw et al., 2002), diagnostics médicaux (Grandjean, 2006; Handal et al., 2008; Handal and Harlow, 2009; Harari et al., 2010; Restrepo et al., 1990a), et mesures biologiques (Abell et al., 2000a; Blanco-Muñoz et al., 2013). Pour la fécondabilité, dans six études sur sept, le délai nécessaire à la conception était demandé. Des études de validation ont montré que l'autodéclaration de la mère ou du père fournissait de bonnes estimations de la fécondabilité et un biais de mémorisation relativement bas (Snijder et al., 2012; Zielhuis et al., 1992). Pour les fausses-couches, toutes les études sur le sujet ont également utilisé l'autodéclaration (Blanco-Muñoz et al., 2013; Handal and Harlow, 2009; Heidam, 1984; Restrepo et al., 1990b; Settimi et al., 2008). Or, les fausses-couches précoces présentent le risque de passer inaperçues, ce qui peut aboutir à une sous-déclaration du nombre réel de fausses-couches. De plus, les parents travaillant au contact de pesticides sont plus susceptibles de déclarer

l'exposition avec plus de précision et plus fréquemment, ce qui a pu générer des erreurs de classement et donc conduire à des estimations erronées d'association.

### **2.3.2.3 SCHEMA D'ETUDE**

Concernant les études centrées sur les cancers et maladies neurodégénératives, seules trois étaient conduites exclusivement chez les travailleurs en espaces verts (Hansen et al., 2007, 1992; Kenborg et al., 2012), une chez les employés de terrains de golf (Kross et al., 1996) et deux chez des applicateurs de pesticides sur voies ferrées (Axelson et al., 1980; Axelson and Sundell, 1974). Pour les études centrées sur les événements liés à la reproduction ou à la grossesse, les cohortes identifiées étaient pour la plupart conduites chez des travailleurs en floriculture (Abell et al., 2000b; Bretveld et al., 2008, 2006; Lauria et al., 2006; Petrelli and Figà-Talamanca, 2001; Sallmén et al., 2003; Settimi et al., 2008). Une était conduite auprès de fils de jardiniers (Ramlau-Hansen et al., 2012) et une chez des femmes jardinières (Heidam, 1984). Les études de cohortes et spécialement les prospectives, sont les plus à même de prendre en compte la séquence temporelle entre l'exposition et l'évènement de santé. Cependant, la plupart des études identifiées ici étaient rétrospectives. De ce fait, le biais de mémorisation et les erreurs de classement ne peuvent être écartés.

Quatorze études cas-témoins ont été réalisées pour les cancers et maladies neurodégénératives et huit pour les événements liés à la reproduction. Ce type de schéma est tout particulièrement approprié pour les maladies rares telles que les cancers pédiatriques. Elles fournissent une bonne identification des cas grâce à un diagnostic médical complet. Cependant, elles restent sujettes au biais de mémorisation pour l'exposition (les cas sont plus susceptibles de souvenir des expositions que les témoins). De plus, parce que l'information sur l'exposition est demandée de façon rétrospective, la causalité peut être difficile à établir.

La majorité des études sur les effets sur la reproduction sont des études transversales. Ce schéma permet d'obtenir une vision globale de l'état de santé et des expositions à un temps donné dans une population spécifique (floriculteurs ici). Cependant, parce que l'évènement de santé et l'exposition sont mesurés au même moment, la causalité ne peut être établie clairement.

### **2.3.2.4 SELECTION DE LA POPULATION**

La population d'étude a été sélectionnée de différentes façons. Dans la plupart des études centrées sur le cancer, les travailleurs en espaces verts étaient identifiés grâce à des

syndicats de travailleurs, municipalités ou entreprises. Les dossiers des entreprises ont pu fournir des caractéristiques sociodémographiques telles que l'âge et le genre, ainsi que les emplois occupés, le nombre d'années passées dans l'entreprise ou encore le nombre d'heures de travail. Un recrutement via les entreprises et syndicats permet une bonne identification des individus ayant travaillé dans ce secteur depuis de nombreuses années.

Les pays scandinaves possèdent des recensements nationaux avec des identifiants uniques qui permettent de relier n'importe quel individu à des registres (registres de cancer, de maladies ou registres hospitaliers). Cela permet d'investiguer des événements de santé spécifiques avec une forte puissance statistique. L'historique professionnel peut également être retracé, ce qui représente un avantage considérable pour les pathologies à longue latence. Cependant, les informations sur les caractéristiques des emplois sont souvent manquantes.

### 2.3.3 VALIDITE EXTERNE

#### 2.3.3.1 ÉTUDES SUR LE CANCER ET MALADIES NEURODEGENERATIVES

Les herbicides sont les pesticides les plus utilisés dans le secteur des espaces verts (Atwood and Paisley-Jones, 2017). Seules huit études ont spécifié le type de pesticide utilisés par les travailleurs inclus dans les études et tous étaient des herbicides (Asp et al., 1994a; Axelson et al., 1980; Axelson and Sundell, 1974; Riihimäki et al., 1983; Swaen et al., 2004, 1992; Wingren et al., 1990; Woods et al., 1987). Dans six études il s'agissait de phénoxyherbicides et plus particulièrement du 2,4-D et du 2,4,5-T (Asp et al., 1994a; Axelson et al., 1980; Axelson and Sundell, 1974; Riihimäki et al., 1983; Wingren et al., 1990; Woods et al., 1987). Le 2,4-D, le phénoxyherbicide le plus utilisé au monde, a été classé cancérigène possible (groupe 2B) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) en 2016. Les études épidémiologiques suggèrent des risques élevés de lymphomes non-Hodgkiniens, sarcomes des tissus mous et myélomes multiples chez les utilisateurs. De plus, les données mécanistiques fournissent de fortes preuves d'une action du stress oxydant sur les érythrocytes et des preuves moyennes d'effets immunosuppresseurs sur la prolifération des lymphocytes chez l'humain et la souris (IARC, 2018). Parmi les autres herbicides mentionnés dans les études figure le dicamba, un organochloré qui a été associé à des augmentations de risque de lymphomes non-Hodgkiniens (McDuffie et al., 2001), myélomes multiples (Burmeister, 1990), cancers du poumon (Alavanja, 2004). Cependant, aucune preuve qu'il soit mutagène ou cancérigène pour l'Homme n'a été trouvée (Harp, 2010).

Les terrains de golf et l'horticulture utilisent principalement des fongicides (Kross et al., 1996; Littorin et al., 1993) et le chlorothalonil est le plus utilisé dans ce groupe (Atwood and

Paisley-Jones, 2017). Au Canada, l'exposition à ce fongicide était plus fréquente chez les travailleurs en serres, pépinières et floriculture que dans n'importe quelle autre culture (Rydz et al., 2021). En 1999, le CIRC a classé cette molécule comme cancérigène possible (groupe 2B) (IARC, 1999). Aucune donnée sur la cancérigénicité chez l'Homme n'était disponible, mais des preuves de la cancérigénicité sur le rein et l'estomac ont été identifiées chez l'animal.

### 2.3.3.2 ÉTUDES SUR LA FERTILITE, FECONDABILITE ET PROBLEMES DURANT LA GROSSESSE ET A LA NAISSANCE

Le délai de conception a été largement utilisé dans les études épidémiologiques pour mesurer la fertilité d'un couple. Dans cette revue de littérature, la plupart des études s'accordent sur une fécondabilité diminuée chez les floriculteurs. Le nombre d'heures de travail et l'absence du port d'EPI étaient associés à une cette baisse de fécondabilité suggérant une relation dose-effet. Ces résultats sont en accord avec la littérature (Bretveld et al., 2007; Jurewicz et al., 2007; Roeleveld and Bretveld, 2008; Snijder et al., 2012). Les études réalisées chez les hommes exposés professionnellement aux insecticides organophosphorés ont confirmé leur impact négatif sur la qualité spermatique (Perry et al., 2011; Recio et al., 2001; Sánchez-Peña et al., 2004) et la concentration sérique des hormones LH et testostérone (Yucra et al., 2008, 2006). Les herbicides 2,4-D et le paraquat ont également été identifiés comme pouvant nuire à la morphologie et mobilité des spermatozoïdes chez les agriculteurs exposés (Hossain et al., 2010; Lerda and Rizzi, 1991). Peu d'études se sont intéressées à la fertilité féminine. Une étude menée en Ontario (Canada) a trouvé que les femmes exposées professionnellement à des herbicides (dicamba, glyphosate et 2,4-D) avaient un délai de procréation plus long que les femmes non exposées (Curtis et al., 1999).

Des risques de fausses-couches chez les jardinières (Heidam, 1984) et floricultrices (Blanco-Muñoz et al., 2013; Handal and Harlow, 2009; Restrepo et al., 1990a; Settimi et al., 2008) ont été identifiés dans cette revue. Ces effets ont également été observés chez des agricultrices exposées aux pesticides en général (Crisostomo and Molina, 2002) et exposées aux phénoxyherbicides, MCPA, triazines, glyphosate et carbamate (Arbuckle et al., 2001, 1999). Concernant le risque de malformation chez la descendance de travailleurs exposés aux pesticides, seule une étude sur le risque de cryptorchidie et d'hypospadias a été identifiée dans cette revue et a montré une association avec le travail en tant que jardinière chez la mère (Weidner et al., 1998). Des études menées chez des agriculteurs trouvent des résultats comparables (Andersen et al., 2008; Gabel et al., 2011; Gaspari et al., 2011).



## 2.4 CONCLUSION

Ces revues de la littérature ont mis en évidence des risques accrus de cancers (cancers lymphatiques et hématopoïétiques, cancers du système nerveux central et du testicule), de maladie de Parkinson et d'atteintes à la fertilité chez les travailleurs en espaces verts. D'autres effets de santé ont également été explorés, mais les études n'étaient pas en accord ou reposaient sur des effectifs trop faibles. Dans la plupart des études décrites, le parcours et les expositions professionnelles n'étaient pas suffisamment caractérisés. Pour mieux comprendre les rôles des expositions aux pesticides dans la survenue de pathologies, il est primordial de les estimer de façon plus précise. Dans les futures études épidémiologiques, les caractéristiques sociodémographiques, les parcours professionnels et les habitudes de vie doivent être investigués avec plus de détail pour pouvoir ajuster sur d'éventuels facteurs de confusion lorsque cela est nécessaire.

### 3 RETRACER L'HISTORIQUE DES UTILISATIONS DE PESTICIDES DANS LE SECTEUR DES ESPACES VERTS GRACE A LA MATRICE PESTIMAT

#### 3.1 MATRICE CULTURES-EXPOSITIONS PESTIMAT

##### 3.1.1 PRESENTATION GENERALE

Comme nous l'avons plusieurs fois mentionné, la majorité des études épidémiologiques ont exploré l'exposition aux pesticides de manière globale, sans tenir compte des molécules ou familles de molécules en particulier. Or, la mesure de l'exposition est un enjeu majeur pour bien estimer les liens avec des effets de santé, en particulier pour les maladies chroniques. Des imprécisions dans les niveaux d'exposition ou encore dans le type de pesticide utilisé peuvent entraîner des erreurs de classification et donc une mauvaise estimation des associations.

Les effets sanitaires, tels que les cancers ou maladies neurodégénératives, pouvant avoir une période de latence très longue, il est souvent nécessaire de remonter loin dans le temps – sur plusieurs décades - pour mesurer les expositions pertinentes. Comme la plupart des pesticides ont une durée de vie dans le corps humain qui n'excède pas quelques jours ou quelques semaines, la recherche de biomarqueurs de l'exposition n'est généralement pas adaptée pour estimer l'exposition à long terme.

Le recueil rétrospectif de l'information s'appuie donc le plus souvent sur des questionnaires, reposant ainsi sur la mémoire des individus enquêtés. Ce recueil comporte des difficultés : très grande diversité de substances et spécialités commerciales (une centaine de familles de substances actives, plus de 1000 molécules enregistrées et plus de 10000 spécialités commerciales mises sur le marché), souvent en association, des évolutions constantes et des pratiques liées au secteur d'activité, à la culture, etc.

En partant de ce constat, les équipes Epicene à Bordeaux (Inserm U1219) et Anticipe à Caen (U1086), ont choisi de développer une matrice culture-exposition Pestimat permettant de reconstituer l'historique des expositions aux pesticides en agriculture en France (Baldi et al., 2017). L'objectif est d'approcher de manière plus fine les risques de santé pour les populations professionnellement exposées aux pesticides. Cette matrice a pour double objectif d'être utilisée dans les études épidémiologiques telles qu'Agrican ainsi qu'en médecine du travail pour la reconnaissance des maladies professionnelles notamment.

À ce jour, cette matrice a été utilisée dans le cadre d'analyses réalisées dans la cohorte Agrican (Baldi et al., 2017; Piel et al., 2019b, 2019a; Pouchieu et al., 2018, 2018), dans la cohorte Phytoneer (Baldi et al., 2011, 2001; Blanc-Lapierre et al., 2013) et au sein du consortium international AGRICOH (Brouwer et al., 2016; Leon et al., 2019).

L'utilisation de matrices emploi-exposition en épidémiologie professionnelle n'est pas nouvelle. Depuis les années 1980, un certain nombre ont été développées par des épidémiologistes, principalement pour des expositions industrielles. En France, on peut citer les matrices MatGéné (développée par Santé Publique France) (Luce and Févotte, 2006), Sumex 2 (développée à partir des données de l'enquête SUMER 3) (Luce and Gueguen, 2007) ou encore PestiPop (développée par Epicene) (Carles et al., 2018).

Concernant les expositions aux pesticides en agriculture, deux autres matrices culture-exposition ont été développées en France : MatPhyto (développée au sein de MatGéné et qui couvre la France métropolitaine et les départements ultramarins (Spinozi and Févotte, 2008)) et une spécifique à la viticulture dans le département de l'Hérault (Daures et al., 1993). Dans une revue réalisée sur l'identification des matrices emplois-exposition centrée sur les pesticides (Carles et al., 2017), sept matrices développées en Italie (Miligi et al., 1993; Nanni et al., 1993; Settimi et al., 1990), au Canada (Wood et al., 2002), en Afrique du Sud (London and Myers, 1998), en Écosse (Dick et al., 2010) et aux États-Unis (Young, 2004) ont été identifiées. Pour la plupart des matrices, la source de données principales était l'évaluation par des experts (Dick et al., 2010; London and Myers, 1998; Miligi et al., 1993; Nanni et al., 1993; Settimi et al., 1990; Wood et al., 2002) couplée à des statistiques de ventes de pesticides (Dick et al., 2010; Miligi et al., 1993; Nanni et al., 1993; Settimi et al., 1990; Young, 2004) ou des recommandations d'utilisation émanant des agences gouvernementales (Wood et al., 2002; Young, 2004) ou des données issues de calendriers de traitement ou de questionnaires (Dick et al., 2010; Wood et al., 2002). Dans quatre matrices, en plus de l'intitulé de l'emploi et du type de culture, différentes tâches ont été considérées (préparation, application, conduite de tracteur, etc.) (Dick et al., 2010; London and Myers, 1998; Wood et al., 2002; Young, 2004) et dans trois matrices, les tâches de réentrée ont été prises en compte (London and Myers, 1998; Wood et al., 2002; Young, 2004). Concernant les paramètres d'exposition, l'intensité était le plus souvent estimée en kilogramme de matière active appliquée par hectare et la fréquence en nombre de traitements par an. La probabilité d'exposition pouvait être binaire (exposé/non exposé), exprimée par le pourcentage de personnes exposées ou correspondre à la somme du nombre de jours d'utilisation sur le nombre de jours travaillés. Les cultures les plus représentées dans ces matrices étaient la vigne, le blé et l'orge, la culture maraîchère et fruitière. Aucune de ces matrices n'avait recensé les usages de pesticides pour les zones non agricoles ou la culture ornementale.

Les matrices s'appuient sur un effort de mémorisation moins complexe (historique des emplois ou des cultures uniquement), permettent de traduire l'histoire professionnelle de façon systématique et non biaisée, en s'affranchissant des évaluations par expertises. Elles garantissent une standardisation de l'estimation de l'exposition entre les différentes études. Cependant, elles ne tiennent pas compte de la variabilité de l'exposition au sein de l'emploi et

peuvent donc être sujettes à des erreurs de classement non différentielles (Bouyer et al., 1995; Bouyer and Hemon, 1993a, 1993b).

### 3.1.2 STRUCTURE DE LA MATRICE PESTIMAT

La matrice Pestimat est constituée de tables croisant le type de culture avec une liste de matières actives pesticides par année depuis 1950 en France métropolitaine. Chaque table correspond à un groupe de pesticides, défini sur la base d'une famille chimique et/ou de mécanismes d'action agronomiques. Elle est composée de trois axes :

- Le premier correspond à la culture. Aujourd'hui, dix cultures sont intégrées à la matrice : arboriculture, betterave, blé/orge, colza, maïs, pois, pomme de terre, tabac, tournesol et vigne.
- Le deuxième correspond à celui des matières actives homologuées et utilisées pour la culture donnée.
- Le troisième correspond à la dimension temporelle à l'échelle annuelle de 1950 à 2009 (une extension à 2019 est en cours)

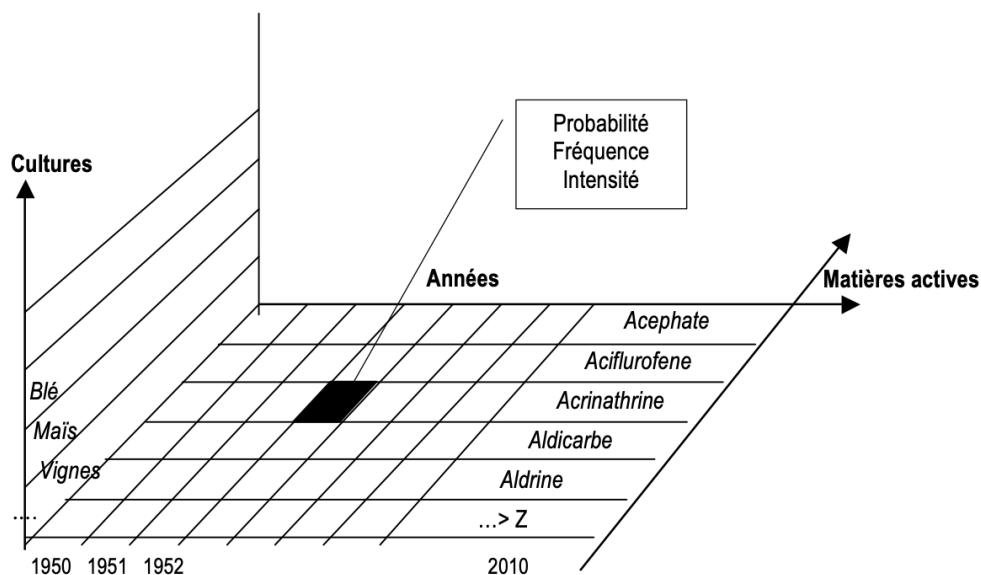


FIGURE 12: SCHEMA D'UNE TABLE DE LA MATRICE PESTIMAT

À chaque intersection des trois axes, la cellule fournit les paramètres d'exposition pour une culture donnée, une matière active donnée et une année donnée (**Figure 12**). Les paramètres estimés sont :

- La **probabilité** d'exposition (P) qui correspond à la proportion d'agriculteurs ayant utilisé la matière active (exprimée en pourcentage);
- La **fréquence** d'exposition (F) qui est définie par le nombre de traitements réalisés sur la culture pour une année donnée;
- L'**intensité** d'exposition (I) qui correspond à la dose de la matière active appliquée à l'hectare (exprimée en kg/ha).

### 3.1.3 SOURCES DES DONNEES

Une démarche systématique a été mise en place pour renseigner les trois paramètres évoqués ci-dessus. Sept sources, intervenant à trois niveaux du processus allant de la mise sur le marché de la molécule à son utilisation, sont compilées :

- Concernant l'**homologation** : plusieurs sources de données ont été exploitées, à savoir :
  - Les données issues du ministère de l'Agriculture et plus particulièrement de la Direction Générale de l'Alimentation. Via des arrêtés et avis officiels sont fournies les dates officielles de première homologation et de retrait des substances actives par usage. La quantité homologuée à l'hectare a pu également être retrouvée à partir de cette source et a été utilisée pour estimer l'intensité. Bien que cette source permette de disposer d'une liste officielle des matières actives homologuées par culture et par année données, les données se sont révélées souvent incomplètes.
  - La base de données Ephy mise en ligne par l'Anses (consultable ici : <https://ephy.anses.fr>) répertorie un grand nombre de substances commerciales et fournit des informations sur leur composition, dates d'autorisation et de retrait, cultures autorisées et retirées et doses à appliquer.
  - Les Index Phytosanitaires (IP) qui répertorient les produits phytopharmaceutiques autorisés en France. Toutes les spécialités commerciales ne sont pas répertoriées, mais les substances actives le sont de manière relativement exhaustive. Édités chaque année depuis 1961 par l'Association de coordination technique agricole (Acta), ils sont des outils précieux d'aide à la décision pour les agriculteurs. Pour chaque matière active, y sont listées les cultures pour lesquelles elle est homologuée ainsi que les

maladies et nuisibles visés, la dose à l'hectare et les concentrations de matière active dans les différentes spécialités commerciales.

- Les **recommandations** d'utilisation étaient émises par les Services de la Protection des Végétaux (SPV) et certaines associations agricoles. Les SPV, au nombre de 26 en France, dépendaient des Directions régionales de l'agriculture et de la forêt (Draft) et émettaient des avertissements agricoles destinés à conseiller les agriculteurs sur les traitements à effectuer en fonction de la maladie ou du nuisible identifié pour une culture donnée ainsi que des notes techniques sur les traitements. Ils étaient publiés plusieurs fois par an dans chaque région et organisés par type de culture. Ces bulletins ont été utilisés pour estimer la fréquence de l'exposition en prenant en compte le nombre de recommandations annuelles pour une substance donnée sur une culture, année et région donnée. Lorsque la quantité à l'hectare était précisée, ils pouvaient fournir une notion d'intensité. Les avertissements agricoles de 1950 à 2009 issus de cinq régions françaises (Aquitaine, Basse-Normandie, Languedoc-Roussillon, Limousin et Midi-Pyrénées) ont été exploités. À partir de 2010, ils ont été remplacés par les Bulletins de Santé des Végétaux (BSV) qui restreignent l'information à la notification de nuisibles ou maladies par culture, mais ne donnent plus de conseils sur les produits à utiliser.
  
- Les données d'**utilisation** sont obtenues via trois sources :
  - *Les calendriers de traitements fournis par les agriculteurs.* Il s'agit de tableaux listant les traitements effectués avec la date, le nom du produit, la maladie ou le nuisible visé, la dose à l'hectare et la surface traitée. Ils peuvent être prévisionnels ou établis au cours de la saison. Couvrant la période 1950-2010, leur nombre est variable tout comme la qualité des informations recueillies. Cependant, ils restent difficilement disponibles avant les années 1980.
  - *Les questionnaires années-anciennes.* Des entretiens en face à face avec des agriculteurs ont été menés pour couvrir la période 1950-1979. Sous la forme d'un calendrier professionnel, l'agriculteur était invité à lister les types de cultures et leur surface au cours de sa vie, les évolutions de pratiques culturales (matériel, traitements, etc.) et les nuisibles et maladies auxquels il a dû faire face. Ensuite ont été investiguées les matières actives potentiellement utilisées par l'agriculteur.

- *Données issues d'un panel d'agriculteurs.* L'Union des Industries de Protection des Plantes (UIPP devenue PHYTEIS) a constitué depuis de nombreuses années un échantillon d'agriculteurs issus de différentes régions de France et pour l'ensemble des cultures. À des fins de connaissance du marché, ils étaient interrogés annuellement sur leurs utilisations de pesticides, ce qui a donc permis de calculer des données de probabilité, intensité et fréquence d'utilisation par culture à compter de 1990.

Les données d'utilisation issues de ces différentes sources permettaient ainsi de connaître les noms, l'intensité (dose à l'hectare), la fréquence (nombre de traitements réalisés par an) et la probabilité d'utilisation de la substance.

### 3.1.4 DETERMINATION DES PARAMETRES D'EXPOSITION

Une synthèse des données issues de différentes sources citées ci-dessus a ensuite été réalisée pour la construction des tables (**Figure 13**). Trois paramètres d'exposition ont été définis : la probabilité, l'intensité et la fréquence de l'exposition :

- La **probabilité d'exposition** (P) représente la proportion d'agriculteurs ayant utilisé la matière active pour une année et une culture donnée. Cette probabilité est donc calculée à partir des questionnaires années-anciennes (1950-1979), des calendriers de traitements (à partir de 1950) et du panel d'agriculteurs de l'UIPP (1990-2009). Pour les matières homologuées, mais non identifiées comme ayant été utilisées sur la culture en question, une probabilité de 0,5 % a été fixée. Pour certaines molécules, parce que les informations étaient manquantes, seule une probabilité binaire en oui/non a été renseignée.
- La **fréquence d'exposition** (F) est le nombre de traitements réalisés par année identifié dans les recommandations d'usage et notamment via les avertissements agricoles.
- L'**intensité d'exposition** (I) est approchée par la dose à l'hectare appliquée (exprimée en kg/ha) et est issue des données extraites des index phytosanitaires et d'Ephy. Lors de l'utilisation dans les études épidémiologiques, elle a vocation à être complétée par d'autres informations individuelles concernant des déterminants des niveaux d'exposition – identifiés lors des études de terrain (programme Pestexpo).

Année	1950									1960									1970									1980									1990									2000																																																																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3		4	5	6	7	8	9																																																	
Acrinathrine RUFAST 15%	P																																																																																																													données panel
	F	Acariens 45g/ha, cicadelles F et G 15g/ha, thrips 60g/ha																																				données calendrier																																																																								
	I																																					15 à 45g /ha																																																						15 à 60g/ha																		
Alphaméthrine FASTAC	P																																																																																																													données panel
	F	Tordeuses (E & C), Pyrale, Cicadelles F et G, Altise																																				17 17																		5 4 4 4 3 2																		14 26 17 17																																				
	I																																					10 à 17,5 g /ha																																																						7,5 à 18 g /ha																		
β cyfluthrine DUCAT 2,5%	P																																																																																																													données panel
	F	Altise, Pyrale, Tordeuses (E & C), Cicadelles F & G																																				4 4 4 5 5 7 9 7 7 5 4 3 3 3 3 2																		6 4 5 8 11 4 2																																																						
	I																																					7,5 à 10 g /ha																																																						7,5 à 17,5 g /ha																		
Bifenthrine TALSTAR 10%	P																																																																																																													données panel
	F	Altise, Pyrale, Tordeuses (E & C), Cicadelles F & G, Acariens jaunes, Sésamie																																				14 17 6 5 6 5 7 7 11 11 11 11 12 8 7 9 8 7 7 7 9																		40 10 15 11 15 10 17 17 10 14 0 0 11 12 17																																																						
	I																																					25 g /ha																																																						16 à 25 g /ha																		
Bioresmethrine	P																																																																																																													
	F																																					Pas d'utilisation																																																																								
	I																																																																																																													
Cyfluthrine BAYTHROID 5%	P																																																																																																													données panel
	F	Altise, Pyrale, Tordeuses (E & C), Cicadelles F & G																																				< 1 < 1 2 2 2 2 1 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1																																																																								
	I																																					20 à 35 g /ha																																																																								
Cyhalothrine	P																																																																																																													
	F																																					Pas d'utilisation																																																																								
	I																																																																																																													
Cyperméthrine RIPCORD	P																																																																																																													données panel
	F	Altise, Acariens, Pyrale, Tordeuses (E & C), Cicadelles F & G, Oïdium en asso avec Soufre (PYRESOUFRE)																																				13 13 13 13 13 13 13 13 12 13 12 11 14 17 17 13 13 15 14 10 9 9 10 9 8 7 8																		14 17 17 17 14 20 3 6 7 4 1 3 3 1																																																						
	I																																					30 à 50 g /ha																																																																								
Deltaméthrine DECIS	P																																																																																																													données panel
	F	Pyrale, Tordeuses (E & C), Cicadelles F & G, Noctuelles, Coupe-bourgeons, thrips, oïdium (avec soufre)																																				11 13 12 12 12 12 12 12 12 12 8 9 11 12 11 11 10 11 14 14 9 7 7 6 7 7 8 8 5																		11 11 11 11 11 13 13 14 25 33 25 14 17 10 7 0 5 3																																																						
	I																																					7,5 à 17,5 g /ha																																																						6,3 à 12,5 g /ha																		
Depallethrine bioallethrine	P																																																																																																													
	F																																					Pas d'utilisation																																																																								
	I																																																																																																													

FIGURE 13: EXTRAIT DE LA TABLE DES PYRETHRINOÏDES - MATRICE PESTIMAT



### 3.1.5 MOLECULES RECENSEES DANS LA MATRICE

Pestimat recense aujourd’hui 332 matières actives, regroupées dans 17 tables (Tableau 9). On y compte 120 herbicides, 110 insecticides, 55 fongicides et 50 matières actives ayant plusieurs actions. Elle est en constante évolution avec l’ajout régulier de nouvelles matières actives et/ou de nouveaux paramètres d’exposition.

TABLEAU 9: NOMBRE DE MATIERES ACTIVES PAR TABLES - PESTIMAT

Classe	Code	Nom de la table	Nombre de matières actives
Herbicides	H-CHLORO-AC	Chloroacétanilides	12
	H-DINITRO-A	Dinitroanilines	9
	H-DIVERS (totaux)	Herbicides totaux	20*
	H-PHENOXY	Phénoxyherbicides	25
	H-TRIA	Triazines	21
	H-P-UREE + H-S-UREEE	Urées substituées	33*
Insecticides	I-OC	Organochlorés	18
	I-OP	Organophosphorés	65
	I-PYR	Pyréthroïnes	25
	NICOTINE	Nicotine/Roténone	2
Fongicides	F-BENZIMIDES	Benzimidazoles	5
	F-DITHIO	Dithiocarbamates	11
	F-PHTALIMIDES	Phtalimides	13
	F-TRIAZOLE	Triazoles	26
Fongicides et insecticides	ARS	Arsenicaux	5
	F-CAR + I-CAR	Carbamates	39
Mixtes	COLOR	Colorants nitrés	6
<b>Total</b>			<b>332</b>

\* Trois matières actives sont présentes dans ces deux tables.

Une version simplifiée est aujourd’hui en ligne depuis le 29 juin 2022 et accessible depuis l’adresse <https://pestimat-t.credim.u-bordeaux.fr>.

### 3.2 ÉLABORATION DE LA MATRICE PESTIMAT A DESTINATION DU SECTEUR DES ESPACES VERTS

La matrice était initialement focalisée sur les utilisations des pesticides en agriculture et ne comportait aucune donnée spécifiquement sur le secteur des espaces verts. Dans le cadre de cette thèse, il a donc été décidé d’incrémenter la matrice pour ce secteur. Une première étape a consisté à établir une liste des matières actives utilisées en espaces verts en se basant sur plusieurs sources d’informations disponibles. Cette liste a été croisée avec celle des

molécules identifiées en agriculture (cultures et élevages). Lorsque les matières actives étaient déjà présentes dans la matrice en raison d'usages agricoles, les paramètres d'exposition (probabilité, intensité et fréquence) concernant le secteur des espaces verts ont été ajoutés dans un nouvel onglet dans chaque table.

### 3.2.1 LISTE DES MATIERES ACTIVES IDENTIFIEES EN ESPACES VERTS

En première intention, la recherche a porté sur les données des guides phytosanitaires en JEVI (Jardins, Espaces verts, Infrastructures, terrains de sport, golf et cultures ornementales). Ces guides, édités par les éditions de Bionnay, sont similaires aux Index Phytosanitaires publiés par l'Acta et présentent le même type d'information sur la matière active (famille, mode d'action), les usages (culture, maladies et nuisibles visés, délais de réentrée), les doses et les spécialités commerciales avec les concentrations en fonction des formulations. À ce jour, malgré des recherches intensives, seules 12 éditions ont été récupérées auprès de revendeurs et de la maison d'édition directement (éditions 2005 et de 2011 à 2022).

L'exploitation de ces guides a permis l'identification de 138 matières actives utilisées en espaces verts sur cette période, dont 56 insecticides, 52 herbicides et 30 fongicides. En fonction des années, différents usages en espaces verts ont été identifiés :

- *Allées de parcs, jardins publics et trottoirs*
- *Désherbage total/voies ferrées*
- *Débroussaillants*
- *Gazons de graminées*
- *Rosiers*
- *Glaïeul*
- *Muguet*
- *Lys*
- *Tulipe*
- *Culture florale*
- *Arbres et arbustes d'ornement*

Par ailleurs, des usages en espaces verts étaient également mentionnés dans les index phytosanitaires de l'Acta – qui ont été consultés pour les mêmes années, ce qui a permis d'identifier sept fongicides, quatre herbicides et quatre insecticides en plus. De la même façon que pour les guides phytosanitaires, les catégories relatives au secteur des espaces verts ont été notées :

- *Toute culture ornementale*
- *Culture ornementale*
- *Arbres et arbustes d'ornement*
- *Cyprès*

- Culture florale
- Culture florale et plantes vertes
- Chrysanthème
- Rosier
- Muguet
- Tulipe
- Jacinthe
- Lys
- Hortensia
- Œillet
- Glaïeul
- Hortensia
- Plantes d'intérieur
- Gazon de graminées
- Gazon de graminées – golf
- Gazon de graminées – terrains de sport
- Zone non agricole
- Espaces verts

Ce travail préliminaire a permis i) d'identifier les termes employés pour décrire les différents secteurs en espaces verts et ii) recenser les molécules homologuées et recommandées pour chaque usage. Le **Tableau 10** présente une synthèse des usages mentionnés dans les guides par type d'espaces verts

**TABLEAU 10:** TERMES RELATIFS A L'ESPACE VERT IDENTIFIES DANS LES GUIDES ET INDEX PHYTOSANITAIRES.

Groupe	Sous-groupe	Dénomination dans les guides phytosanitaires	Dénomination dans les index phytosanitaires
ZONES NON AGRICOLES	Désherbage	Allées de parcs, jardins publics et trottoirs Désherbage total/voies ferrées	Zone non agricole Espaces verts
	Débroussaillant	Débroussaillants	
	Gazons de graminées	Gazons de graminées	Gazons de graminées Gazons de graminées – golf Gazons de graminées – terrains de sport
PÉPINIÈRES		Arbres et arbustes d'ornement	Arbres et arbustes d'ornement Cyprès
HORTICULTURE		Rosiers Glaïeul Muguet	Culture florale Culture florale et plantes vertes Hortensia Œillet Glaïeul Hortensia Plante d'intérieur
		Lys Tulipe Culture florale	Toute culture ornementale Culture ornementale Lys

Au final, trois grands secteurs d'activité ont été identifiés et seront utilisés pour l'incrémentation de la matrice Pestimat : «Zones non agricoles», «Pépinières» et «Horticulture». Le **Tableau 11** ci-dessous recense le nombre de molécules par grands groupes de pesticides pour ces trois secteurs. Le secteur «zones non agricoles» concentre la plus grande part des herbicides (N=45) tandis que c'est en horticulture que la plupart des insecticides (N=53) et fongicides (N=27) sont utilisés.

**TABLEAU 11:** NOMBRE DE MOLECULES ACTIVES IDENTIFIEES POUR L'ESPACE VERT DANS LES GUIDES ET INDEX PHYTOSANITAIRES

	Herbicides	Fongicides	Insecticides
<b>Zones non agricoles</b>	45	15	0
Désherbage	26	0	0
Débroussaillants	8	0	0
Gazons de graminées	22	15	0
<b>Pépinières</b>	21	22	35
<b>Horticulture</b>	16	27	53
<b>Total</b>	56	37	60

### 3.2.2 IDENTIFICATION DES MATIERES ACTIVES REPERTORIEES DANS LES TABLES PESTIMAT EXISTANTES

Au total, sur les 133 molécules identifiées en espaces verts, 57 étaient déjà présentes dans la matrice Pestimat en raison d'usages sur des cultures, dont 28 herbicides (sur les 56 identifié) (**Tableau 12**)

**TABLEAU 12 : MATIERES ACTIVES IDENTIFIEES POUR LES ESPACES VERTS ET REPERTORIEES DANS LA MATRICE PESTIMAT**

Herbicides			Insecticides			Fongicides		
Matières actives	Famille chimique	Usage	Matières actives	Famille chimique	Usage	Matières actives	Famille chimique	Usage
CHLORPROPHAME/CIPC	Carbamate	H	CARBOSULFAN		P, H	PROPAMOCARBE HCL	Carbamate	P, H
DIMETHENAMID (DMTA)	Chloroacétanilides	ZNA	OXAMYL	Carbamate	P, H	MANCOZEBE	Dithiocarbamate	ZNA, P, H
FLUFENACET		ZNA	PIRIMICARBE		H	IPRODIONE	Dicarboximide	
PENDIMETHALINE		ZNA, P, H	METHOMYL		H	CAPTANE	Phtalimide	
ORYZALIN	Dinitroaniline	P,H	DICOFOL		H	THIOPHANATE METHYL	Thiophanate	ZNA
BUTRANILE		H	ENDOSULFAN	Organochlorés	H	DINOCAP	dinitrophenyl-crotonate	P
TRIFLURALINE		H	DIMETHOATE		P, H			
DICHLORPROP-P		ZNA	AZINPHOS-METHYL		H			
MCPA	Acide phénoxy-carboxylique	ZNA	PARATHION	Organophosphorés	H			
2,4-D		ZNA, H	OXYDEMETON-METHYL		H			
MECOPROP		ZNA	PHOSALONE		H			
DICAMBA	Acide benzoïque	ZNA	SULFOTEP		H			
IODOSULFURON METHYL SODIUM		ZNA, P	PYRETHRINE VEGETALE		P, H			
PROSULFURON	Sulfonylurée	ZNA	LAMBA-CYHALOTHRINE		P, H			
FLAZASULFURON		ZNA	TAU-FLUVALINATE		P, H			
METSULFURON-METHYL		ZNA	BIFENTHRINE		P			
DIURON	Phénylurée	ZNA	DELTA METHRINE	Pyréthri-noïdes	P, H			
CARFENTRAZONE-ETHYL	Triazolinone	ZNA	ETOFENPROX		P,H			
ACIDE CAPRYLIQUE	Acide gras	ZNA, P, H	CYPERMETHRINE		P, H			
ACIDE PELARGONIQUE		ZNA, P, H	BETACYFLUTHRINE		H			
GLYPHOSATE	Phosphonoglycine	ZNA	CYFLUTHRINE		H			
AMINOTRIAZOLE	Triazole	ZNA	ACRINATHRINE		H			
SULFOSATE	Divers	ZNA	ALPHAMETHRINE		H			
ISOXABEN	Benzamide	ZNA, P, H	ESFENVALERATE		H			
DIURON	Phénylurée	ZNA	ROTENONE	Roténone	P			

### 3.2.3 SOURCES DE DONNEES DISPONIBLES POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS

Pour le secteur des espaces verts, les sources d'information sont plus limitées que pour l'agriculture. À toutes les étapes de la conception des tables décrites précédemment (paragraphe 3.1.3 page 108), les informations étaient soit manquantes soit très incomplètes.

Concernant l'exploitation des données issues du ministère de l'Agriculture (arrêtés et avis officiels), aucune mention du secteur des espaces verts n'a été trouvée pour les molécules sélectionnées. Les dates de début d'homologation de la matière active et dates de retrait pour le secteur des espaces verts n'ont donc pas pu être extraites de ces sources et a été recherchée dans la base de données Ephy. Cela imposait de passer en revue toutes les spécialités commerciales pour chaque matière active et de relever les dates de mise sur le marché et de retrait pour l'usage en espaces verts. Néanmoins, dans cette base, pour de nombreuses spécialités commerciales, les dates étaient incomplètes, voire absentes.

La source de données la plus informative a été celle des index phytosanitaires. Bien que la mention du secteur des espaces verts n'apparaissait pas dès les premiers index, les données d'utilisation pour les zones non agricoles apparaissaient en 1963. L'ensemble des index phytosanitaires de 1961 à aujourd'hui a donc été consulté afin de dater le début et la fin d'utilisation pour les trois types d'espaces verts et de relever les recommandations de doses à l'hectare.

Aucun avertissement agricole dédié au secteur des espaces verts n'a été identifié, ils n'existaient pas de manière historique. À compter de 2009, des bulletins de santé du végétal ont été identifiés, mais à cette date, les bulletins ne donnaient plus d'informations précises sur les produits à employer sur les nuisibles et maladies.

Enfin, les données d'utilisation issues des calendriers de traitements et du panel des agriculteurs constitués par l'UIPP étaient spécifiques à l'agriculture. À cette étape, nous ne disposons pas de ces données pour le secteur des espaces verts.

Au final, seuls les index phytosanitaires ainsi que la base de données Ephy ont été en mesure de nous donner des informations sur les matières actives utilisées dans le secteur des espaces verts. Nous avons pu établir une liste des matières actives utilisables avec les dates de début et de fin d'homologation et/ou d'utilisation, les doses à l'hectare (qui donnent une information sur l'intensité d'exposition), et les nuisibles ou maladies visées. La notion de fréquence, établie pour les cultures par les calendriers de traitements et le panel de l'UIPP, n'a pu être estimée à ce stade. De plus, la probabilité d'exposition n'a pu être calculée. Seule une probabilité en oui/non a été ajoutée à la matrice.

### 3.2.4 INCREMENTATION DES TABLES PESTIMAT POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS

Au total, les données d'utilisation en espaces verts ont été incrémentées pour 50 matières actives, à savoir 26 herbicides, 19 insecticides et 5 fongicides. La liste complète avec les périodes d'utilisation, les maladies/nuisibles ciblés et les doses à l'hectare recommandées est fournie dans l'**Annexe 3**. La **Figure 14** présente les périodes et le nombre d'années d'utilisation pour chaque matière active. Pour simplifier la lecture, les trois secteurs des espaces verts ont été regroupés ensemble.

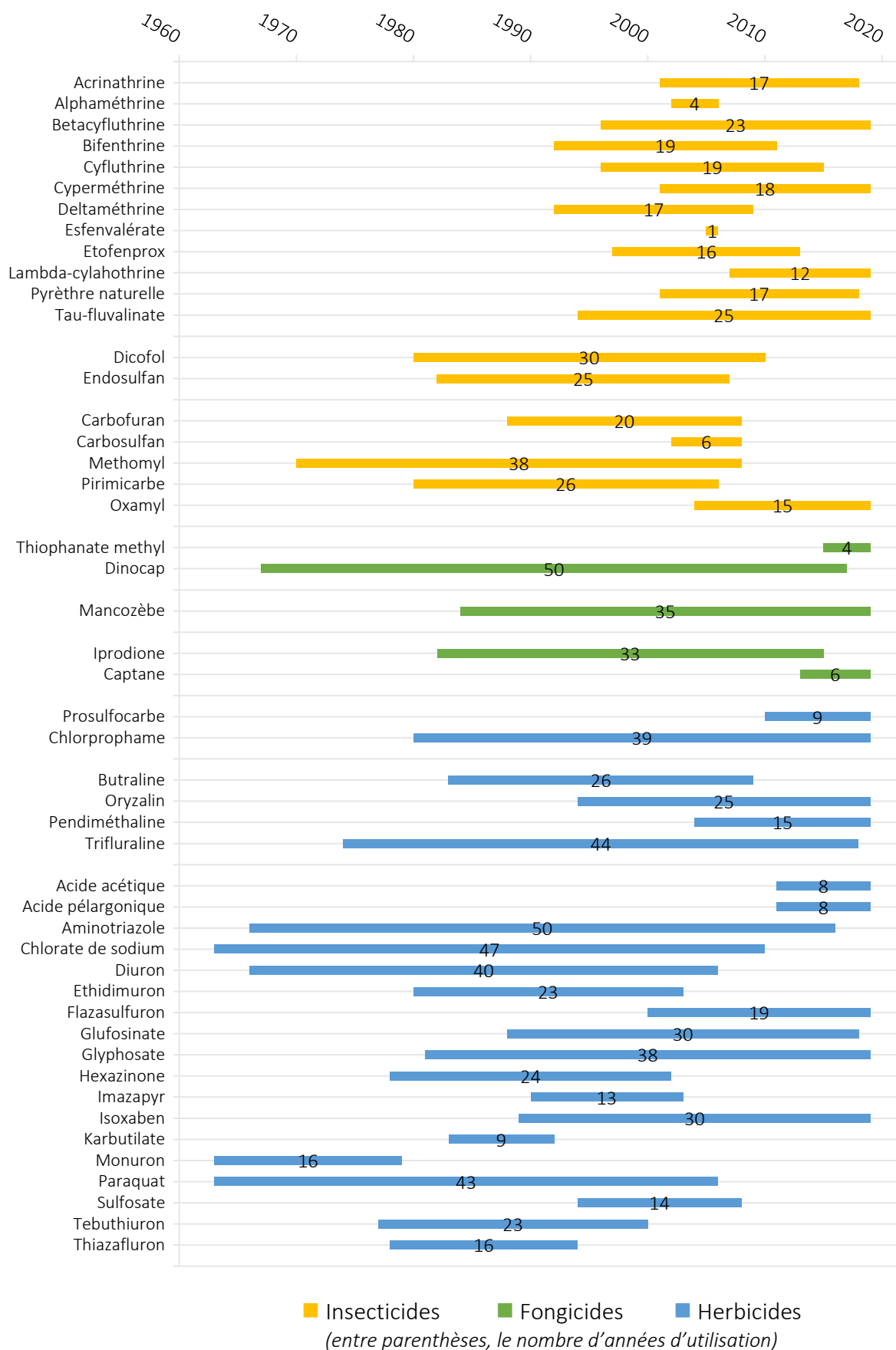


FIGURE 14: LISTE DES MATIERES ACTIVES UTILISEES EN ESPACES VERTS ET INTEGRES A LA MATRICE PESTIMAT



### 3.2.4.1 INSECTICIDES

Les insecticides qui ont été concernés par l'incrémentation sur les données en espaces verts comprenaient des pyréthriinoïdes (N=12), des organochlorés (N=2) et des carbamates (N=5), utilisés en production horticole ou en pépinière. Le tableau ci-dessous dresse la liste des insecticides concernés (**Tableau 13**).

**TABLEAU 13:** LISTE DES INSECTICIDES CONCERNES PAR L'INCREMENTATION DES DONNEES EN ESPACES VERTS - MATRICE PESTIMAT

Familles chimiques	Matière active	Numéro CAS	Utilisation	Cancérogénicité chez l'Homme—classification <sup>1</sup>
Pyréthriinoïdes	Acinathrine	101007-06-1	Horticulture	US-EPA: D
	Alpha-cyperméthrine	67375-30-8	Horticulture	US-EPA: C
	Betacyfluthrine	1820573-27-0	Horticulture	US-EPA: E
	Bifenthrine	82657-04-3	Horticulture Pépinière	US-EPA: C
	Cyfluthrine	68359-37-5	Horticulture	US-EPA: E
	Cyperméthrine	52315-07-8	Horticulture/Pépinière	US-EPA: C
	Deltaméthrine	52918-63-5	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E CIRC : 3
	Esfenvalérate	66230-04-4	Horticulture	US-EPA: E
	Étofenprox	80844-07-1	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E
	Lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Horticulture/Pépinière	US-EPA: D
	Pyrèthres naturelles	8003-34-7	Horticulture/Pépinière	US-EPA: D
Tau-fluvalinate	102851-06-9	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E	
Organochlorés	Dicofol	115-32-2	Horticulture/Pépinière	US-EPA : C CIRC : 3
	Endosulfan	115-29-7	Horticulture	US-EPA: E
Carbamates	Carbofuran	1563-66-2	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E
	Carbosulfan	55285-14-8	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E
	Méthomyl	16752-77-5	Horticulture	
	Pirimicarbe	23103-98-2	Horticulture	US-EPA: B
	Oxamyl	23135-22-0	Horticulture	US-EPA : E

<sup>1</sup> Classification US-EPA (pour l'Homme): A : cancérogène; B : cancérogène probable; C : possiblement cancérogène; D : inclassable au regard de la cancérogénicité; E : Probablement non cancérogène  
Classification CIRC (pour l'Homme) : 1 : cancérogène avéré; 2A : Probablement cancérogène; 2B : Possiblement cancérogène; 3 : inclassable; 4 : non cancérogène

Aujourd'hui, quatre matières actives sont interdites d'utilisation, tous secteurs confondus. Parmi les pyréthriinoïdes, trois molécules ont été classées comme possiblement cancérogènes pour l'Homme par l'US-EPA (groupe C : preuves limitées chez l'animal et peu/pas de données chez l'homme). Il s'agit de l'alpha-cyperméthrine, la bifenthrine et la

cyperméthrine. Le dicofol, un organochloré, a été également classé dans ce groupe par l'US-EPA, mais a été jugé inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme par le CIRC. Enfin, parmi les carbamates, le pirimicarbe a été classé comme cancérogène probable par l'US-EPA (groupe B).

### 3.2.4.2 FONGICIDES

Cinq fongicides déjà recensés dans la matrice Pestimat ont été concernés par l'incrémentation avec les données d'utilisation en espaces verts. Ils appartiennent à 3 familles: les benzimidazoles (N=1), les colorants nitrés (N=1), les dithiocarbamates (N=1) et les phtalimides (N=2). Le tableau ci-dessous dresse la liste de ces matières actives (**Tableau 14**). Ils sont utilisés en majorité en horticulture et pépinière, mais deux ont été recensés pour des usages en zones non agricoles : le mancozèbe et l'iprodione.

**TABLEAU 14** : LISTE DES FONGICIDES CONCERNES PAR L'INCREMENTATION DES DONNEES EN ESPACES VERTS - MATRICE PESTIMAT

Familles chimiques	Matière active	Numéro CAS	Utilisation	Cancérogénicité chez l'Homme – classification <sup>1</sup>
Benzimidazoles	Thiophanate methyl	23564-05-8	Horticulture/Pépinière	US-EPA: B ECHA : 2
Colorants nitrés	Dinocap	39300-45-3	Horticulture/Pépinière	US-EPA: E
Dithiocarbamates	Mancozèbe	8018-01-7	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: B ECHA : 2
Phtalimides	Iprodione	36734-19-7	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: B ECHA : 2
	Captane	133-06-2	Pépinière	US-EPA:2B ECHA : 2 CIRC : 3

<sup>1</sup> Classification US-EPA: A : cancérogène; B : cancérogène probable; C : possiblement cancérogène; D : inclassable au regard de la cancérogénicité; E : Probablement non cancérogène  
Classification CIRC: 1 : cancérogène avéré; 2A : Probablement cancérogène; 2B : Possiblement cancérogène; 3 : inclassable; 4 : non cancérogène  
Classification ECHA : 1A : cancérogène avéré; 2B : cancérogène supposé; 2 : cancérogène suspecté

Quatre sur cinq des fongicides sont aujourd'hui interdits d'usage. Le thiophanate méthyl, l'iprodione et le captane ont été jugés comme cancérogènes probables par l'US-EPA (groupe B) et cancérogènes suspectés par l'European Chemicals Agency (ECHA) (groupe 2). Concernant le captane, le CIRC l'a néanmoins considéré comme inclassable vis-à-vis de la cancérogénicité chez l'Homme (groupe 3).

### 3.2.4.3 HERBICIDES

Les 26 herbicides correspondent à des familles diverses : carbamates (N=2), dinitroanilines (N=4) et herbicides totaux (N=20) avec des usages aussi bien en production horticole et pépinière qu'en zones non agricoles (**Tableau 15**).

**TABLEAU 15:** LISTE DES HERBICIDES CONCERNES PAR L'INCREMENTATION DES DONNEES EN ESPACES VERTS - MATRICE PESTIMAT

Familles chimiques	Matière active	Numéro CAS	Utilisation	Cancérogénicité chez l'Homme – classification <sup>1</sup>
Carbamates	Prosulfocarbe	52888-80-9	Pépinière	
	Chlorprophame	101-21-3	Horticulture	US-EPA: E ECHA : 2
Dinitroanilines	Butraline	33629-47-9	Horticulture/Pépinière	
	Oryzalin	19044-88-3	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: B
	Pendiméthaline	40487-42-1	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: C US-EPA: C
	Trifluraline	1582-09-8	Horticulture/Pépinière	ECHA : 2 CIRC : 3
Herbicides totaux	Acide acétique		Horticulture/Pépinière/ZNA	
	Acide caprylique		Horticulture/Pépinière/ZNA	
	Acide pélargonique		Horticulture/Pépinière/ZNA	
	Aminotriazole	61-82-5	ZNA / Pépinière	
	Chlorate de sodium	7775-09-9	ZNA	
	Diquat	2764-72-9	Pépinière	
	Diuron	330-54-1	ZNA / Pépinière	US-EPA: B ECHA : 2
	Ethidimuron	30043-49-3	ZNA	
	Flazasulfuron	104040-78-0	ZNA	US-EPA: E
	Glufosinate	77182-82-2	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: E
	Glyphosate	1071-83-6	ZNA	US-EPA: E CIRC : 2A
	Hexazinone	51235-04-2	ZNA	US-EPA: D
	Imazapyr	81334-34-1	ZNA	US-EPA: E
	Isoxaben	82558-50-7	Horticulture/Pépinière/ZNA	US-EPA: C
	Karbutilate	4849-32-5	ZNA	
	Monuron	150-68-5	ZNA	ECHA : 2
	Paraquat	4685-14-7	ZNA / Pépinière	US-EPA: E
	Sulfosate		ZNA	US-EPA: E
	Tebuthiuron	34014-18-1	ZNA	US-EPA: D
	Thiazafuron	25366-23-8	ZNA	

<sup>1</sup> Classification US-EPA: A : cancérogène; B : cancérogène probable; C : possiblement cancérogène; D : inclassable au regard de la cancérogénicité; E : Probablement non cancérogène

Classification CIRC: 1 : cancérogène avéré; 2A : Probablement cancérogène; 2B : Possiblement cancérogène; 3 : inclassable; 4 : non cancérogène

Classification ECHA : 1A : cancérogène avéré; 2B : cancérogène supposé; 2 : cancérogène suspecté

Dix-huit matières actives sont aujourd’hui interdites. L’oryzalin et le diuron ont été classés comme cancérogènes probables par l’US-EPA (groupe B) et la pendiméthaline et l’isoxaben comme possiblement cancérogènes (US-EPA : groupe C). Pour la pendiméthaline, l’ECHA a conclu qu’elle était suspectée de cancérogénicité (groupe 2) tandis que le CIRC a considéré qu’il n’était pas possible de la classer (groupe 3). Concernant le glyphosate, les évaluations sont divergentes : pour l’US-EPA cette molécule n’est probablement pas cancérogène pour l’Homme (groupe E) alors que le CIRC l’a jugé comme probablement cancérogène (groupe 2A).

### 3.2.5 PERSPECTIVES POUR IDENTIFIER DES SOURCES D’INFORMATION SUPPLEMENTAIRES POUR LE SECTEUR DES ESPACES VERTS

Face au manque de sources de données spécifiques aux espaces verts, plusieurs stratégies sont envisagées pour la suite des travaux :

➤ **Exploiter les bulletins de santé du végétal dédiés aux espaces verts :**

Il existe deux éditions : « Horticulture-Pépinière » et « Jardins, Espaces Végétalisés et Infrastructures » (JEVI). Dans le cadre de l’horticulture et la pépinière, le bulletin est alimenté par des observations réalisées auprès d’exploitations et de stations d’expérimentation. Pour chaque catégorie de nuisibles ou maladies, un niveau d’attaque est relevé : faible, moyen, fort. Selon les intensités des attaques, des préconisations sont faites pour gérer le risque (**Figure 15**). Lors d’attaque de forte intensité (niveau 3), il est conseillé d’intervenir avec des pesticides (en priorité des produits présentant de faibles risques pour la santé et l’environnement).

<i>Evaluer les risques</i>		<i>Analyser et gérer les risques</i>
Intensité d’attaque <b>1</b>	<b>Faible</b> , peu de petits foyers	→ <b>observer</b> l’évolution du ravageur, la gestion par les auxiliaires si présents
Intensité d’attaque <b>2</b>	<b>Moyenne</b> , quelques gros, ou nombreux petits, foyers	→ <b>réajuster</b> la protection vis-à-vis du bio-agresseur en renforçant les lâchers d’auxiliaires contre les ravageurs ou en intervenant avec un produit de bio contrôle respectant au mieux les auxiliaires.
Intensité d’attaque <b>3</b>	<b>Forte</b> , généralisée ou en voie de l’être	→ <b>intervenir</b> en privilégiant des produits présentant le plus faible risque pour la santé et l’environnement, réduire le niveau de pression
Dans tous les cas, gérer les foyers (élimination, taille, interventions localisées)		

**FIGURE 15:** CLASSIFICATION DES INTENSITES D’ATTAQUE DES BIOAGRESSEURS - SOURCE : BULLETIN DE SANTE DU VEGETAL GRAND SUD-OUEST HORTICULTURE-PEPINIERE

En parallèle, une liste des maladies et des nuisibles identifiés lors des visites dans les exploitations est également établie et précise notamment le pourcentage d'exploitations concernées, l'intensité des attaques, l'indice de fréquence et l'indice de gravité (Figure 16).

Tableau 1 HORTICULTURE	Traitement données Ravageurs 2022													
	1	2	3	nb obs.	nb vis.	% ent	% obs.	% obs.rav	Indice niveau d'attaque	Indice de fréquence	Indice de gravité	% obs./ Rav. 2021	Indice de gravité 2021	Evolution par rapport à 2021
tout ravageur confondu	76	283	115	474	22		96%	100%	2,1					
Thrips	20	130	55	205	21	95%	42%	43%	2,2	3	6,5	31%	5,1	+
Pucerons	28	47	23	98	20	91%	20%	21%	1,9	3	5,8	25%	5,5	=

FIGURE 16: EXEMPLE DE TABLEAU RECAPITULANT DES MALADIES/RAVAGEURS REPERTORIES - SOURCE : BULLETIN DE SANTE DU VEGETAL GRAND SUD-OUEST HORTICULTURE-PEPINIERE

La stratégie pour l'exploitation de ces bulletins est la suivante :

- ① Recenser et récupérer les bulletins de plusieurs régions grâce à la mise en place d'une veille documentaire et d'une demande auprès de la chambre d'agriculture;
- ② Centraliser les données par année, par région et par secteur (horticulture/pépinière) : nuisible/maladie, indice de fréquence, intensité des attaques et indice de gravité;
- ③ Pour chaque nuisible/maladie, lister les matières actives préconisées dans les index phytosanitaires pour chaque année et attribuer une probabilité d'utilisation selon les indicateurs relevés dans les bulletins pour une matière active et une année donnée.

Les bulletins de santé du végétal JEVI se basent sur un réseau d'épidémiologie-surveillance alimenté par des observations d'agent de l'État, du FREDON, de particuliers, d'entreprises et de collectivités locales. Les données ne sont pas aussi détaillées que pour l'horticulture-pépinière et les indicateurs mentionnés ci-dessus ne sont pas calculés pour ce secteur. Néanmoins, un recensement des nuisibles et maladies pourra être effectué et ces données pourront être croisées avec les index phytosanitaires.

➤ **Collecter des calendriers de traitements en espaces verts :**

Un appel sera lancé auprès des exploitations horticoles et des pépinières. Il sera réalisé en partenariat avec l'Union nationale des entreprises du paysage (Unep) auprès de leurs adhérents via une lettre d'information électronique dans un premier temps puis par envoi d'un formulaire papier. En fonction du nombre de retours que nous aurons, un contact téléphonique pourra être envisagé pour un échantillon de professionnel stratifié par région et par taille d'entreprises. Concernant les collectivités, les terrains de sport et golfs, il est peu probable qu'ils aient conservé des calendriers de traitement. Un questionnaire sera donc développé et envoyé auprès d'un échantillon représentatif afin de recueillir les années de début et de fin d'utilisation des pesticides, les fréquences de traitement, les types d'environnement, le matériel d'application et les EPI utilisés. Les questions relatives aux produits pesticides devront être élaborées afin d'aider au mieux le processus de mémorisation.

L'exploitation des bulletins de santé du végétal pourra nous aider à déterminer les paramètres d'intensité et de fréquence d'usage et les calendriers de traitement la probabilité d'utilisation.

Enfin, une réflexion générale autour des expositions indirectes sera entamée avec le groupe de travail Pestimat. La problématique des expositions indirectes survenant lors de travaux de réentrée est présente dans toutes les cultures et en élevage, même si elle est mieux documentée pour les cultures pérennes (vignes, arboriculture). En effet, elle résulte du contact avec les cultures et animaux traités. Lorsqu'elles ne sont pas prises en compte dans les études épidémiologiques, ces expositions en réentrée peuvent conduire à des erreurs de classement de l'exposition et donc des mesures d'associations biaisées. Ceci apparaît particulièrement pertinent dans le secteur des espaces verts et plus particulièrement en serre, où les travaux de réentrée sont très fréquents. Dans les prochaines étapes de la matrice Pestimat, la question des expositions indirectes par contact avec des végétaux traités en espaces verts devra donc être abordée.

### 3.2.6 UTILISATION DE LA MATRICE PESTIMAT

Ces nouvelles données nous permettront de mieux caractériser les expositions aux pesticides chez les travailleurs en espaces verts et d'améliorer la qualité des analyses épidémiologiques. Dans la sous-cohorte d'AgriCan correspondant aux travailleurs des espaces verts, les croisements entre les données de santé (mortalité et incidence de cancers notamment) et ces données d'exposition seront réalisés. Une analyse préliminaire a été réalisée pour les insecticides pyréthrinoïdes : les résultats sont présentés dans le paragraphe **4.3 page 197**.

D'autres études épidémiologiques, telles qu'ETIOSARC (Lacourt et al., 2019) et REALYSA (Ghesquières et al., 2021), menées sur des cancers spécifiques (sarcomes et hémopathies malignes) pourront bénéficier de ces nouvelles données d'exposition. Ces deux études ont un objectif étiologique incluant le rôle des facteurs environnementaux et professionnels. Les calendriers professionnels et les questionnaires des patients inclus sont en cours d'analyse et l'estimation des expositions s'appuie sur l'expertise acquise dans ces travaux de thèse. Grâce aux dates consignées dans les calendriers professionnels, les prochains travaux consisteront à croiser ces informations avec la matrice Pestimat afin d'étudier l'influence spécifique des matières actives dans la survenue des sarcomes et des lymphomes.

Enfin, cette matrice pourra être utilisée en médecine du travail dans le cadre de reconnaissance en maladies professionnelles pour les travailleurs des espaces verts.

## 4 SANTE DES TRAVAILLEURS EN ESPACE VERTS : ANALYSES EPIDEMIOLOGIQUES AU SEIN DE LA COHORTE AGRICAN

### 4.1 LA COHORTE AGRICAN (AGRICULTURE & CANCER)

#### 4.1.1 PRESENTATION GENERALE

Initiée en 2005 par les équipes Epicene à Bordeaux (Centre Inserm U1219, *Bordeaux Population Health*) et Anticipe à Caen (Centre Inserm U1086, *Centre François Baclesse*), la cohorte prospective Agrican a pour objectif de suivre l'état de santé des agriculteurs en France. Elle étudie le lien entre les expositions professionnelles agricoles et le risque de survenue de cancers, maladies chroniques (maladies neurodégénératives telles que maladie de Parkinson ou maladie d'Alzheimer), affections respiratoires telles que l'asthme ou encore la bronchite chronique et la santé reproductive.

Cette étude est conduite en partenariat avec la Mutualité Sociale Agricole (MSA) et le réseau des registres des cancers Francim. Depuis sa mise en place, elle a reçu des financements de la MSA, la Ligue Contre le Cancer, l'Anses, le Conseil Régional de Basse-Normandie, le Centre François Baclesse, la Fondation de France et l'UIPP, l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), l'Institut National de Médecine agricole (INMA) et l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB). En 2015, le financement de l'UIPP, qui était très marginal, a été abandonné afin d'éviter tout soupçon d'intégrité scientifique des résultats obtenus.

Le protocole de l'étude a été approuvé par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (Cnil ; 05.1292) et par le Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé (CCTIRS; 01,148).

La cohorte Agrican est coordonnée par les deux équipes de recherche Epicene et Anticipe. Deux comités scientifiques, l'un national et l'autre international, permettent d'assurer la qualité scientifique et donnent leur avis sur les choix stratégiques (Comité Scientifique et le Comité Scientifique International); le Comité de Pilotage s'assure du bon déroulement de la cohorte et le Comité Technique de Prévention, récemment instauré, doit permettre de transformer les résultats de la cohorte en action de prévention. La figure ci-dessous (**Figure 17**) représente la gouvernance.



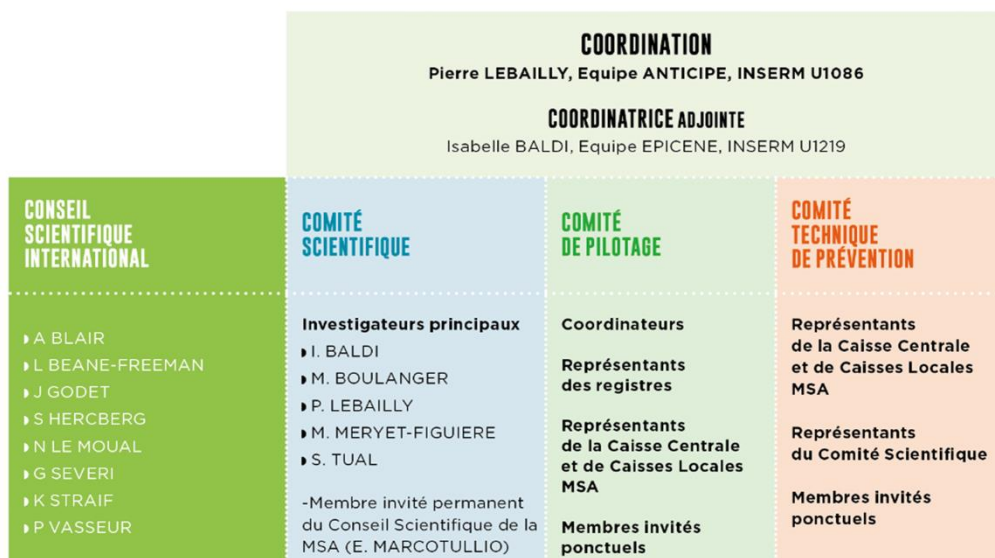


FIGURE 17: GOUVERNANCE DE LA COHORTE AGRICAN — SOURCE : WWW.AGRICAN.FR

Agrican fait partie d’Agricoh, un consortium international d’études de cohortes agricoles formé en octobre 2010 et qui inclut près de 30 autres cohortes réparties dans 12 autres pays (Australie, Brésil, Chili, Costa Rica, Danemark, États-Unis d’Amérique, Grande-Bretagne, Norvège, Nouvelle-Zélande, Ouganda et République de Corée du Sud) (Leon et al., 2011). Ce consortium permet de faire des analyses combinées offrant une puissance statistique importante et de comparer les résultats entre les différentes cohortes. Ont ainsi été étudiés la prévalence des maladies respiratoires (Fix et al., 2021), les cancers hématologiques en élevage (El-Zaemey et al., 2019), les lymphomes malins non-Hodgkiniens (Maria E Leon et al., 2019), ou encore l’incidence des cancers (Togawa et al., 2021).

Le calendrier ci-dessous reprend les grandes étapes de la mise en place de l’étude (Figure 18).

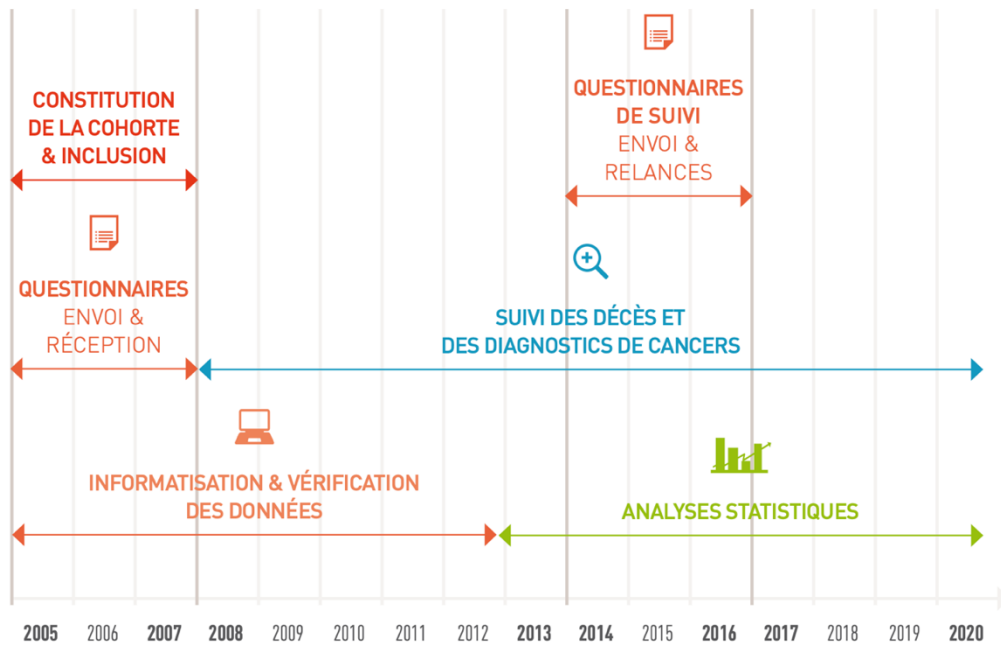


FIGURE 18 : CALENDRIER DES ETAPES DE L'ETUDE AGRICAN — SOURCE : WWW.AGRICAN.FR

En 2005, des questionnaires ont été envoyés à des personnes affiliées à la MSA et issues de 13 départements français couverts par un registre des cancers général et/ou spécialisé de cancers (deux départements ont finalement été exclus : le Calvados, car une cohorte d'agriculteurs était déjà en place et l'Hérault département dans lequel la caisse locale de la MSA a refusé de participer). La **Figure 19** représente les départements inclus dans la cohorte et les effectifs de participation : Côte-d'Or, le Doubs, la Gironde, l'Isère, la Loire-Atlantique, la Manche, le Bas-Rhin, le Haut-Rhin, la Somme, le Tarn et la Vendée.

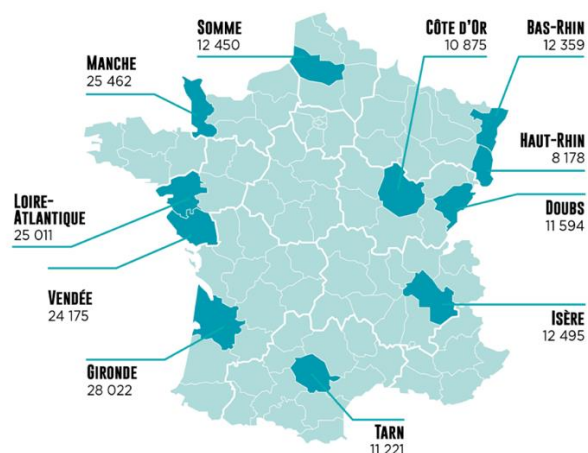


FIGURE 19 : DEPARTEMENTS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN ET EFFECTIFS DE PARTICIPATION (SOURCE : WWW.AGRICAN.FR)

La cohorte comporte des professionnels du secteur agricole tels que les chefs d'exploitation de fermes ou les salariés agricoles et les professionnels de secteurs associés cotisants MSA (travailleurs en espaces verts, professionnels de coopératives, du secteur du bois, etc.), que ceux-ci soient des personnes encore en activité ou des retraités.

Sur les 576157 personnes ayant reçu un questionnaire d'inclusion (population source), plus de 180000 l'ont complété et retourné. Entre 2015 et 2017, un questionnaire de suivi a été envoyé afin de compléter les données.

De nombreuses analyses ont déjà été menées au sein de cette cohorte et ont permis de décrire les causes de décès (Levêque-Morlais et al., 2015), l'incidence des cancers (Lemarchand et al., 2017), l'association entre certaines expositions agricoles et des cancers comme les sarcomes des tissus mous (Renier et al., 2022), le cancer colorectal (Talibov et al., 2022), le système nerveux central (Piel et al., 2019 a, 2019 b, 2017), le poumon (Boulanger et al., 2018; Tual 2017). La santé respiratoire (Baldi et al., 2014; Tual et al., 2013), les maladies neurodégénératives (Pouchieu et al., 2018) ainsi que les troubles de la reproduction (Pons et al., 2021) ont également été analysés et ont fait l'objet d'une publication scientifique.

#### 4.1.2 INCLUSION ET RECUEIL DES DONNEES

Tout individu, résidant dans l'un des 11 départements concernés par l'étude, âgé de plus de 18 ans et ayant été affilié à la MSA au moins trois ans, était éligible pour participer à l'étude. Entre 2005 et 2011, le questionnaire d'inclusion a donc été envoyé par voie postale et des relances téléphoniques ont été faites en deuxième intention pour ceux n'ayant pas répondu au courrier. Cet autoquestionnaire était composé de six grandes parties (**Annexe 4**) :

- Les **caractéristiques sociodémographiques** telles que le genre, la date et le lieu de naissance, le lieu de résidence, la situation familiale, le niveau de formation, etc.
- L'**historique professionnel** via un calendrier professionnel regroupant tous les emplois occupés (agricoles ou non) avec les dates de début et de fin, l'intitulé de l'emploi exercé et les principales tâches réalisées.
- L'**historique des activités agricoles** sur une exploitation incluant 13 cultures (prairie, vigne, orge et/ou blé, maïs, pois et/ou féveroles, pommes de terre, betterave, tournesol, colza, arbres fruitiers, culture sous serre et culture légumière) et cinq élevages (bovins, chevaux, caprins, porcs et volailles). Pour chaque culture ou élevage, devaient être renseignés les dates de début et fin de l'activité, la surface ou le nombre d'animaux concernés, l'historique des traitements pesticides et les autres tâches effectuées au contact de la culture ou des animaux. Lorsque la personne avait

mentionné des traitements, le type de matériel (type et volume de la cuve, nombre de jours de traitement réalisés par an) et l'observance des EPI étaient demandés. En parallèle de ces questions spécifiques à chaque culture et/ou élevage, l'utilisation de pesticides au travail était demandée de façon générale.

- Le **lieu de résidence pendant l'enfance** avec l'adresse, la mention s'il s'agissait d'une exploitation agricole et si oui, le type de culture et/ou d'élevage concernés.
- Les **données de santé** avec le poids, la taille, les antécédents médicaux, l'historique des intoxications aux pesticides et les données relatives à la santé reproductive pour les femmes.
- Les **habitudes de vie** telles que l'alimentation et la consommation de tabac et d'alcool.

Lorsque la personne n'était pas en mesure de remplir elle-même le questionnaire, une tierce personne pouvait le faire et cette information était précisée.

Entre 2015 et 2017, un questionnaire de suivi a été envoyé (**Annexe 5**). Il reprend les mêmes items que le questionnaire d'inclusion et offre la possibilité d'apporter des précisions sur des emplois relatifs à d'autres secteurs dépendants ou non du régime agricole.

#### 4.1.3 SUIVI DES PARTICIPANTS

Les participants sont suivis de l'inclusion (date de réception du questionnaire) jusqu'à la date de décès, déménagement dans un département non couvert par l'étude ou jusqu'au suivi (le 31 décembre 2015 pour les analyses menées dans cette thèse). Le lieu de résidence et l'affiliation à la MSA sont vérifiés annuellement par croisement avec les fichiers de la MSA, la Poste et le Répertoire National pour l'Identification des Personnes Physiques (RNIPP).

Le statut vital des participants est suivi tous les ans par la MSA qui croise ses données avec le RNIPP. Ce répertoire recense toutes les personnes vivantes et décédées en France et sert à l'identification des décès et des personnes perdues de vue. Les causes de décès sont obtenues auprès du Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de Décès (CepiDC) et sont codées selon la 10<sup>e</sup> édition de la Classification Internationale des Maladies (CIM-10) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (OMS, 1992).

L'incidence et la prévalence des cancers sont identifiées grâce à un croisement bisannuel avec les registres des cancers. Les cancers sont codés selon la 3<sup>e</sup> édition de la Classification Internationale des Maladies pour l'Oncologie (CIMO-3) (OMS, 2013). Les dates de diagnostic et le type histologique sont également collectés.

## 4.1.4 IDENTIFICATION DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS DANS LA COHORTE

### 4.1.4.1 SOURCES DE DONNEES

Toute personne travaillant dans le secteur agricole est affiliée à la MSA. Ce régime de couverture sociale concerne donc les agriculteurs (chefs d'exploitation et salariés), mais également les employés de coopératives agricoles, de travaux agricoles, du secteur du bois, de la pêche, de la forêt, etc., et les employés de la chambre d'agriculture, des caisses MSA et les ayants droits d'un professionnel du secteur. Un certain nombre de travailleurs en espaces verts sont également cotisants à la MSA.

L'identification de ces travailleurs au sein de la cohorte Agrican s'est déroulée en plusieurs étapes et reposait sur différentes sources d'informations issues des questionnaires :

- La source d'information principale était le calendrier professionnel collecté dans le questionnaire d'inclusion (Figure 20).

**B3 - Pour chacun des emplois que vous avez exercés pendant plus d'une année, merci de compléter le tableau. N'oubliez pas d'indiquer également votre emploi actuel. Si vous avez des périodes où vous avez exercé plusieurs emplois en même temps, merci de les indiquer les uns après les autres. Si vous êtes retraité(e) merci d'indiquer les emplois occupés dans le passé**

		Année de début	Année de fin ou année en cours	Nom et commune de l'entreprise ou de l'exploitation agricole	Emploi exercé (nommer le de façon précise)	Quelles étaient vos principales tâches lors de cet emploi ?
Exemples	Emploi 1	1 9 8 0	1 9 8 4	Ferme X 14xxx Le village fleuri	Aide familial	Traite vaches
	Emploi 2	1 9 8 5	1 9 9 0	Conseil Général du Calvados 14000 Caen	Chauffeur de bus	Ramassage scolaire Conduite
	Emploi 3	1 9 9 1	2 0 0 5	Ferme Y 14xxx Le long vallon	Exploitant	Traite vaches Traitement cultures Mécanique
	Emploi 1	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	
	Emploi 2	<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>	

FIGURE 20: CALENDRIER PROFESSIONNEL DU QUESTIONNAIRE D'INCLUSION (AGRICAN)

De plus, dans la catégorie « Historique des activités agricoles » du questionnaire d'inclusion, deux sous-questions ont été utilisées : « Culture sous serres ou en tunnels » et notamment la partie « principales tâches » qui permettait aux personnes de mentionner le type



- Dans le questionnaire de suivi, trois items ont été utilisés (**Figure 22**):
  - **Q7.6** «*Floriculture/pépinière ornementale, arboricole, viticole, forestière*» (Jamais, Moins de 3 ans, 3 années ou plus) avec les sous-questions **Q7.6.1** «*Avez-vous travaillé en floriculture/pépinière sous serres ou abris*» (Oui/Non) et **Q7.6.2**. «*Avez-vous travaillé en floriculture/pépinière en plein air ?*» (Oui/non).
  - **Q7.15** «*Autres cultures*» (Oui/Non) où le type de culture pouvait être écrit
  - **Q10** «*Avez-vous travaillé dans une entreprise paysagiste ou en tant que jardinier*» (Oui/non) et les sous-questions sur la durée (**Q10.1**) (moins de 3 ans, 3-9 années, 10-19 années, 20-29 années et 30 années ou plus), si la personne a exercé uniquement dans ce secteur (**Q10.2**) et si elle a utilisé des pesticides dans ce secteur (**Q10.3**).

#### 4.1.4.2 CONSTITUTION D'UNE SOUS-COHORTE EN ESPACES VERTS : ETAPES DE SELECTION

Le questionnaire d'inclusion seul ne pouvait suffire à notre sélection car il ne comportait pas de questions spécifiques sur les espaces verts. Des informations plus précises sur ce secteur professionnel étaient disponibles dans le questionnaire de suivi, mais celui-ci n'était complété que pour un sous-ensemble des personnes incluses (en raison des décès, données manquantes...).

Afin de tirer parti de l'ensemble des informations disponibles dans les questionnaires et d'effectuer le maximum de vérifications en croisant les données, nous avons procédé en 3 temps pour constituer la sous-cohorte des travailleurs des espaces verts dans Agrican. Dans la première étape, l'ensemble des informations du questionnaire d'inclusion a été exploité afin de définir une première sélection de travailleurs, la deuxième étape correspondait à la même démarche en prenant en compte seulement et indépendamment les questions spécifiques complétées au suivi, la troisième étape consistait en la confrontation de ces deux sélections pour décider des individus à retenir dans le groupe des espaces verts. L'ensemble du processus a été consolidé par une dernière vérification à partir des calendriers professionnels.

##### 4.1.4.2.1 SELECTION A PARTIR DU QUESTIONNAIRE D'INCLUSION

La première étape de cette sélection a consisté à identifier tous les intitulés d'emplois relatifs aux espaces verts qui ont pu être mentionnés en texte libre dans les calendriers professionnels. Certains intitulés d'emplois étaient très explicites et la probabilité qu'ils soient en lien avec les espaces verts a été jugée « forte » (Exemples : « jardinier », « horticulteur »,

«floriculteur», «greenkeeper», etc.). Ont été codés en «à vérifier», les intitulés pour lesquels des informations supplémentaires étaient nécessaires pour les intégrer ou non à la catégorie «espaces verts» (Exemple : «culture des arbres», «collectivité», «équipements sportifs», «parc», etc.). Au total, 1399 libellés d'emploi ont été identifiés comme pertinents :

- 616 relatifs au paysagisme, entretien des espaces verts;
- 376 relatifs à la floriculture;
- 248 relatifs à l'entretien des voiries, villes, etc. ;
- 110 relatifs aux pépinières;
- 49 relatifs aux terrains de sport et golf;

Au total, 10 358 individus ont été identifiés dans un premier temps à partir de ces libellés et parmi ceux-là le niveau de fiabilité de la sélection était considéré fort pour 6241 personnes. Parmi ces 10 358, 4627 ne disposaient pas de questionnaire de suivi, en raison de leur décès ou d'une non-réponse.

#### 4.1.4.2.2 SELECTION A PARTIR DU QUESTIONNAIRE DE SUIVI

Le questionnaire de suivi était plus spécifique pour les espaces verts grâce à la question 10, relative à l'emploi dans une entreprise de paysagisme ou en tant que jardinier. Pour remédier aux oublis de réponses à la question 10, les réponses à la question Q10.2 (emploi uniquement dans ce secteur) ont également été prises en compte. Ont donc été sélectionnés, les individus ayant répondu à au moins une de ces deux questions (N=4 963).

Une 2<sup>e</sup> information recueillie au suivi a complété notre procédure de catégorisation des individus dans les espaces verts : il s'agissait de la question Q7.15 («*Autres Cultures*»). La question 7.6, qui comprend sans distinction la floriculture, pépinières ornementales, arboricoles, viticoles et forestières, dépassait du cadre du secteur des espaces verts. Elle n'était donc pas assez spécifique pour identifier les travailleurs de ce secteur et risquait de sélectionner par excès des individus non concernés. La question 7.15 «*Autres cultures*» a donc été préférée et plus particulièrement la question 7.15.1 qui est une question ouverte sur le type de culture. Ont été retenus les termes suivants (et leurs synonymes) (**Annexe 6**) :

- Pour l'horticulture : MUGUET (et autres fleurs), PLANTES HORTICOLES, PLANTES ORNEMENTALES, PÉPINIÈRE ORNEMENTALE, ARBRES D'ORNEMENT, PRODUCTION DE FLEURS, FLORICULTURE
- Pour les espaces verts : ORNEMENTALE, PARC, JARDIN, PAYSAGE, PELOUSE, GOLF, GAZON, ESPACES VERTS



- Pour les pépinières: PEPINIERE, ARBRES NON FRUITS, PEPINIERE GENERALE, PEPINIERE RENAUDET. Ont été exclues, les pépinières suivies de la mention viticole.

Au total, 210 individus ont été identifiés grâce à cette question : 165 en horticulture, 36 en espaces verts et 9 en pépinière. Parmi ces 210, 121 n'avaient pas été repérés par la question Q10.

Grâce au questionnaire de suivi, 5084 sujets ont donc été présélectionnés.

#### **4.1.4.2.3 CROISEMENT DES SELECTIONS REALISEES AVEC LES DEUX QUESTIONNAIRES**

Parmi les 6241 individus pour lesquels le questionnaire d'inclusion nous informait de manière fiable qu'un de leurs emplois appartenait au secteur des espaces verts, 1881 avaient été également identifiés par la question 10 du suivi (emploi dans une entreprise de paysagisme ou en tant que jardinier). Pour les 4117 pour lesquels la sélection à l'inclusion était moins fiable, seulement 211 ont été reclassés dans les espaces verts grâce à ces mêmes informations. Ainsi les informations étaient concordantes sur la notion d'espaces verts au total pour 2092 personnes.

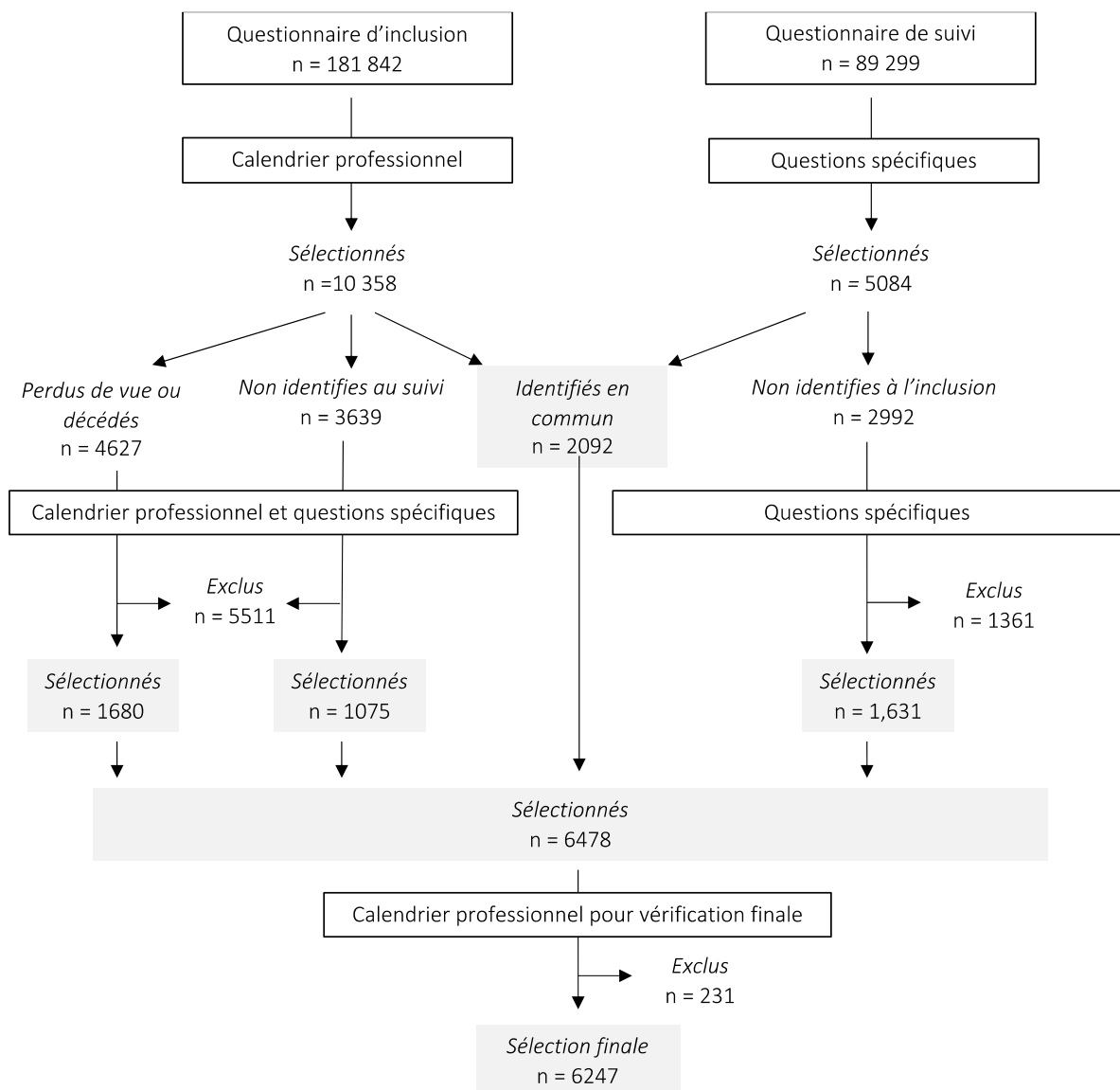
Pour les 3639 sélectionnés sur la base des informations de l'inclusion mais pour lesquels la question 10 du suivi ne les classait pas dans les espaces verts, leur appartenance à un métier apparenté (horticulture, pépinière) a été recherchée par croisement avec les questions relatives à la « *Cultures sous serres ou en tunnels* » (Q7.6.1) et « *autres* » (Q7.15). Ce croisement a permis d'ajouter 2755 individus appartenant au secteur des espaces verts.

Au total, cette validation des personnes sélectionnées à l'inclusion à l'aide du questionnaire de suivi a permis de classer 4847 individus dans les espaces verts. La démarche inverse a été alors réalisée en considérant les 5084 individus sélectionnés sur la seule base de leurs réponses au questionnaire de suivi : 2092 avaient également été identifiés à l'inclusion. Parmi les 2992 personnes qui n'avaient pas été identifiées par les données d'inclusion (calendriers professionnels incomplets, emploi en espaces verts après l'inclusion, etc.), 1631 ont été classées en espaces verts sur la base de réponses considérées fiables au questionnaire de suivi (questions Q10, Q15.1), venant d'ajouter aux 4847 précédentes.

La cohorte de travailleurs en espaces verts était donc composée, à ce stade, de 6478 individus, dont 4848 identifiés grâce au croisement entre les deux questionnaires et 1631 identifiés via le questionnaire de suivi uniquement.

Une dernière vérification a été réalisée sur les 6487 individus en reprenant les calendriers professionnels et a conduit à l'exclusion de 232 d'entre eux : ils ne possédaient pas d'emploi en rapport avec le secteur ou avait répondu « non » à la question Q10 ou n'avaient pas d'intitulé d'intérêt dans les sections « *Autres cultures* ».

Finalement, 6247 individus composent la sous-cohorte de travailleurs en espaces verts issus d'Agrican. Le diagramme de flux ci-dessous résume les différentes phases de sélection (Figure 23).



**FIGURE 23:** DIAGRAMME DE FLUX DE LA SÉLECTION DE LA POPULATION DE TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS AU SEIN DE LA COHORTE AGRICAN

## 4.2 ANALYSE DE LA MORBIDITE ET MORTALITE DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ISSUS DE LA COHORTE AGRICAN

L'analyse de la mortalité et de la morbidité de la sous-cohorte des travailleurs en espaces verts dans Agrican a fait l'objet d'un article publié dans le journal *Environmental Research* (de Graaf et al., 2022b).

### 4.2.1 MATERIEL ET METHODES

#### 4.2.1.1 POPULATION

Trois groupes ont été considérés pour cette analyse : les travailleurs en espaces verts, les agriculteurs et des travailleurs non agricoles.

L'identification des 6247 travailleurs en espaces verts est décrite dans le paragraphe 4.1.4.2 page 132. Au sein de ce groupe, trois sous-groupes ont été constitués en fonction de l'emploi en espaces verts occupé le plus longtemps (ou le premier mentionné dans le calendrier professionnel si les durées n'étaient pas disponibles) :

- Le sous-groupe des «**jardiniers**» qui est composé des travailleurs impliqués dans la création et l'entretien de jardins privés, parcs privés et publics, terrains de sport, golf. Ont également été inclus dans cette catégorie, les employés communaux ou municipaux, et ceux spécialisés dans l'entretien des voies ferrées, autoroutes et installations électriques.
- Le sous-groupe des «**horticulteurs**» qui comprend tous les professionnels spécialisés dans la production florale
- Et le sous-groupe des «**pépiniéristes**» dont la mission principale est la culture d'arbres, arbustes et plantes d'ornement. Ont été exclus les pépiniéristes spécialisés dans la culture d'arbres fruitiers ou de vignes.

Dans le questionnaire d'inclusion, toute personne ayant mentionné avoir travaillé sur une exploitation et non identifiée dans le secteur des espaces verts entrant dans la catégorie des agriculteurs (n=132 402).

Les autres travailleurs n'ayant travaillé dans aucun des deux secteurs mentionnés précédemment étaient classés en tant que travailleurs non agricoles (n=18 044). Cette catégorie comportait des personnes affiliées à la MSA (au moins 3 ans dans leur carrière) pour une activité dans des secteurs très divers, certains connexes à l'agriculture comme les travailleurs des forêts, des scieries, des caves et des coopératives, de la pêche et de la mer, des

maisons familiales et rurales... et d'autres plus éloignées comme des métiers tertiaires (Crédit Agricole, assurances, etc.) voire des artisans, des commerçants, des ouvriers de secteurs divers...

Les travailleurs en espaces verts ont donc été comparés aux groupes des agriculteurs et non agricoles pour les analyses qui vont suivre.

#### 4.2.1.2 EXPOSITIONS

Concernant les expositions aux pesticides, elles pouvaient être approchées de plusieurs façons grâce aux questionnaires d'inclusion et de suivi. Comme mentionné dans le paragraphe 4.1.2 page 130, pour chaque type de culture ou d'élevage, il était demandé si la personne effectuait des traitements. Dans le questionnaire d'inclusion, le secteur des espaces verts n'étant pas listé, cette information n'était donc pas disponible pour ce secteur en particulier. Cependant, une question portait sur l'utilisation en général des pesticides, quel que soit le type de culture ou d'élevage : « *Avez-vous utilisé des fongicides ou des insecticides ou des herbicides dans votre vie professionnelle* » (oui/non). De plus, était également demandée la fréquence (jamais/quelquefois/à chaque fois) d'utilisation des EPI suivants : gants imperméables, combinaison jetable ou Tyvek et masque à cartouche filtrante ainsi que le moment où ils étaient portés (à la préparation, à l'application et au nettoyage du pulvérisateur). Toujours à l'inclusion, les questions suivantes étaient utilisées pour estimer l'historique des expositions aux pesticides : « *Dans votre vie professionnelle, avez-vous réalisé les tâches suivantes : grosses réparations sur pulvérisateur de pesticides/entretien de pulvérisateur de pesticides* » (oui/non, si oui, nombre d'années); « *Avez-vous été intoxiqué par un pesticide ?* » (Jamais/une fois/plusieurs fois).

Au suivi, dans la question sur l'historique des emplois dans le secteur du paysagisme (Q10), plusieurs questions sur l'utilisation des pesticides étaient disponibles : « *Avez-vous déjà personnellement manipulé des pesticides (désherbants, insecticides, fongicides...) dans ce secteur* » (oui/non); « *Préciser dans quelle(s) situation(s)* » (sur les plants, bulbes ou arbustes avant leur plantation/sur les plantes ou arbustes d'intérieur/sur les plantes, arbres ou espaces verts en extérieur); « *En quelle décennie avez-vous commencé à les manipuler dans ce secteur* » (avant 1950/1950—59/1970—79/1980—89/1990—99/2000—05/après 2005), « *Pendant combien d'années les avez-vous manipulés dans ce secteur* » (moins de 3 ans/3-9 années/10-19 années/20—29 années/30 années ou plus). À l'instar du questionnaire d'inclusion, une question générale sur l'utilisation de pesticides était également disponible (« *Pesticides sur culture* » [oui/non] avec la période de début, le nombre d'années et le type de culture [arboriculture/cultures sous serres ou abris/viticulture/grandes cultures]).

### 4.2.1.3 ANALYSES STATISTIQUES

#### 4.2.1.3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES ET DONNEES DE SANTE

Les données sociodémographiques, habitudes de vie et données de santé ont été décrites en termes de fréquences (%), médiane et écart interquartile pour les travailleurs en espaces verts, agriculteurs et non agricoles.

Le **Tableau 16** présente les variables sociodémographiques avec leur nom, type et modalités.

**TABLEAU 16** : VARIABLES UTILISEES POUR DECRIRE LES CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES DANS LA COHORTE AGRICAN

Nom de la variable	Type de variable	Modalités
Genre	Binaire	Homme Femme
Âge à l'inclusion	Continue	Nombre
Département de résidence	Nominale	Côte-d'Or Doubs Gironde Isère Loire-Atlantique Manche Bas-Rhin Haut-Rhin Somme Tarn Vendée
Statut professionnel	Nominale	Travailleur indépendant Salarié
Statut retraité à l'inclusion	Binaire	Oui Non
Situation familiale	Nominale	Célibataire Divorcé(e) ou séparé(e) Marié(e) ou vie maritale Veuf (ve)
Niveau de formation	Ordinale	Élémentaire Secondaire Supérieur
Résidence sur exploitation agricole durant l'enfance	Binaire	Oui Non
Si oui, activités de cette exploitation	Nominale	Prairies Serres Vignes

Maraîchage  
 Verger  
 Blé, orge, maïs, pois fourragers,  
 colza, lin, betteraves etc.  
 Bovins  
 Moutons  
 Cochons  
 Volailles

---

L'âge à l'inclusion a été calculé en soustrayant la date de réception du questionnaire d'inclusion à la date de naissance fournie par la MSA.

Pour le niveau de formation, les modalités proposées dans le questionnaire d'inclusion ont été regroupées en trois catégories : « Élémentaire » (aucune qualification, formation sur le terrain et certificat d'études); « Secondaire » (CAP (Certificat d'Aptitude Professionnelle), CAPA (CAP agricole), brevet des collèges ou BEPC (Brevet d'Études du Premier Cycle), BEP (Brevet d'Études Professionnelles), BEPA (BEP Agricole), Bac (baccalauréat), Bac professionnel) et « Supérieur » (BTS (Brevet de Technicien Supérieur), DUT (Diplôme Universitaire Technologique) et Bac +2).

Les habitudes de vie sont résumées dans le tableau suivant (**Tableau 17**).

**TABLEAU 17** : VARIABLES UTILISEES POUR DECRIRE LES HABITUDES DE VIE DANS LA COHORTE AGRICAN

Nom de la variable	Type de variable	Modalités
Statut tabagique	Nominale	N'a jamais fumé Ancien fumeur Fumeur actuel
Nombre de paquets-années cigarettes	Discrète	0 (= non-fumeur) [0; 20 [ [20; 40 [ [40; 60 [ ≥ 60 Fumeur d'autres types de tabac
Consommation d'alcool	Catégorielle	Jamais Rare Modéré Régulière

La consommation de tabac a été évaluée grâce à deux variables : « Statut tabagique » et « Nombre de paquets-années cigarettes ». La première est une variable nominale à trois modalités « N'a jamais fumé », « Ancien fumeur » et « Fumeur actuel ». Dans la modalité « Ancien fumeur » est compris tout participant ayant cessé de fumer au moment de l'enquête, quel que soit le délai depuis l'arrêt. Afin de tenir compte de la durée et intensité du tabagisme, la variable « Nombre de paquets-années cigarettes » a été créée. Découpée en cinq modalités, elle a été calculée grâce à deux questions : « *En moyenne, combien fumez-vous (ou fumiez-vous) par jour* » (Nombre de cigarettes/cigares/pipes par jour) et « *Quel est au total le nombre d'années où vous avez fumé ?* » (Nombre d'années).

Pour évaluer la consommation d'alcool, la fréquence de consommation était demandée pour quatre types d'alcool : Cidre, bière, vin et apéritifs/digestifs. Huit modalités de réponses étaient possibles : « Jamais ou moins d'une fois par semaine »; « 1 fois par mois »; « 2 fois par mois »; « 3 fois par mois »; « 1 fois par semaine »; « 2 à 3 fois par semaine »; « 4 à 6 fois par semaine » et « 7 fois ou plus par semaine ». Une variable catégorielle à quatre modalités a été créée en prenant le maximum des fréquences pour les quatre alcools : i) « Jamais » regroupant les modalités « Jamais ou moins d'une fois par mois » et « 1 fois par mois »; ii) « Rare » pour « 2 fois par mois »; iii) « Modéré » regroupant « 3 fois par mois »; « 1 fois par semaine » et « 2 à 3 fois par semaine »; et iv) « Régulier » regroupant « 4 à 6 fois par semaine » et « 7 fois ou plus par semaine ».

Pour les analyses principales, certaines variables relatives aux habitudes alimentaires ont été testées dans les modèles. Il s'agissait de la consommation de fruits et légumes, produits laitiers, viande et boissons sucrées. Elles étaient codées de la même manière que la consommation d'alcool.

Les données de santé sont résumées dans le tableau suivant (**Tableau 18**). L'indice de Masse Corporelle (IMC) a été calculé en divisant le poids par la taille au carré ( $\text{kg.m}^{-2}$ ). Quatre catégories ont ensuite été créées en suivant les critères définis par l'OMS : <18,5 pour maigre; [18,5-25 [ pour poids normal; [25-30 [ pour surpoids et >30 pour obésité.

**TABLEAU 18** : VARIABLES UTILISEES POUR DECRIRE LA SANTE AU SEIN DE LA COHORTE AGRICAN

Nom de la variable	Type de variable	Modalités
Indice de Masse Corporelle (IMC)	Catégorielle	<18,5 [18,5-25 [ [25-30 [ > 30
Antécédents d'intoxication aux pesticides	Ordinale	Jamais Une fois Plusieurs fois
Âge aux premières règles	Continue	Nombre
Prise de contraceptif oral	Binaire	Oui Non
Nombre de grossesses	Continue	Nombre
Statut ménopausique	Binaire	Oui Non
Prise de traitement hormonal postménopause	Binaire	Oui Non
Âge à la première grossesse	Continue	Nombre
Allaitement	Binaire	Oui Non

#### 4.2.1.3.2 ANTECEDENTS DE MALADIES CHRONIQUES A L'INCLUSION

Dans le questionnaire d'inclusion, les antécédents de maladies chroniques étaient demandés de la façon suivante : « *Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez les maladies suivantes* » : rhume des foies, eczéma, asthme, bronchite chronique, emphysème, maladie du poumon de fermier, infarctus ou angine de poitrine, troubles du rythme cardiaque, hypertension artérielle, maladie de la thyroïde, maladie de la rétine (ou de la macula), diabète, dépression, maladie de Parkinson et maladie d'Alzheimer. Pour ces 15 maladies, les individus devaient cocher oui ou non; et si oui, ils devaient préciser l'âge du premier diagnostic par un médecin (moins de 20 ans/20-39 ans/40-60 ans/+de 60 ans).

Un test du  $\chi^2$  et une régression logistique avec ajustement sur l'âge ont été utilisés pour comparer la prévalence de ces 15 maladies entre les travailleurs en espaces verts, les agriculteurs et les non-agricoles. Ces analyses étaient systématiquement stratifiées sur le sexe.

#### 4.2.1.4 CAUSES DE DECES ET CANCERS INCIDENTS

##### 4.2.1.4.1 CODAGE DES CAUSES DE DECES ET CANCERS INCIDENTS

Les registres des cancers et le RNIPP fournissent le statut vital (décès oui/non), la date de décès, la cause de décès et le code CIM-10 associé, la date du premier diagnostic du premier



cancer ainsi que le code topographique, le code morphologique et le libellé (localisation) du cancer. Jusqu'à cinq cancers peuvent ainsi être renseignés. Dans le cadre de ces analyses, seul le cancer diagnostiqué en premier a été pris en compte.

Afin d'avoir un nombre de cas suffisant, des regroupements par causes de décès et sites de cancer ont été réalisés et sont résumés dans les tableaux ci-dessous (**Tableau 19**, **Tableau 20**).

**TABLEAU 19** : REGROUPEMENT DES CAUSES DE DECES POUR LES ANALYSES DE SURVIE — COHORTE AGRICAN

Regroupement	Codes CIM-10 et causes de décès
Tous cancers	<b>C00-D48</b> : Tumeurs
Maladies de l'appareil circulatoire	<b>I00-I99</b> : Maladies de l'appareil circulatoire
Cardiopathies ischémiques	<b>I20-I25</b> : Cardiopathies ischémiques
Maladies vasculaires cérébrales	<b>I60-I69</b> : Maladies vasculaires cérébrales
Maladies de l'appareil respiratoire	<b>J00-J99</b> : Maladies de l'appareil respiratoire
Maladies neurologiques et mentales	<b>F00-F99</b> : Troubles mentaux et comportement <b>G00-G99</b> : Maladies du système nerveux <b>H00-H95</b> : Maladies de l'œil et de ses annexes <b>H60-H95</b> : Maladie de l'oreille et de l'apophyse mastoïde
Causes externes	<b>V01-Y89</b> : Causes externes de morbidité et mortalité <b>V01-X59</b> : Accidents <b>X60-X84</b> : Lésions auto-infligées <b>Y10-Y34</b> : évènements dont l'intention est indéterminée
Autres causes	<b>A00-B99</b> : Maladies infectieuses et parasitaires <b>D50-D98</b> : Maladies du sang et des organes hématopoïétiques et certains troubles du système immunitaire <b>E00-E90</b> : Maladies endocriniennes, nutritionnelles et métaboliques <b>K00-K93</b> : Maladies du système digestif <b>L00-L99</b> : Maladie de la peau et du tissu cellulaire sous-cutané <b>M00-M99</b> : Maladies du système ostéoarticulaire, des muscles et du tissu conjonctif <b>N00-N99</b> : Maladies du système urogénital <b>R00-R99</b> : Symptômes, signes ou résultats anormaux non classés ailleurs

**TABLEAU 20** : REGROUPEMENT DES LOCALISATIONS DE CANCER POUR LES ANALYSES DE SURVIE — COHORTE AGRICAN

<b>Regroupement</b>	<b>Code CIM-3 et intitulé</b>
Lèvre, cavité orale et pharynx	<b>C00</b> : Lèvre <b>C01-14</b> : Cavité orale et pharynx
Œsophage et estomac	<b>C15</b> : Œsophage <b>C16</b> : Estomac
Colon, rectum et anus	<b>C18</b> : Colon <b>C19</b> : Jonction recto sigmoïdienne <b>C20</b> : Rectum <b>C21</b> : Anus
Foie et pancréas	<b>C22</b> : Pancréas <b>C23</b> : Vésicule biliaire <b>C24</b> : Tractus biliaire <b>C25</b> : Pancréas
Larynx	<b>C32</b> : Larynx
Poumon	<b>C33</b> : Trachée <b>C34</b> : Bronches et poumon
Mélanome cutané	<b>C44</b> : Peau
Sein	<b>C50</b> : Sein
Organes reproducteurs féminins	<b>C53</b> : Col de l'utérus <b>C54</b> : Corps de l'utérus <b>C55</b> : Utérus <b>C56</b> : Ovaire <b>C57</b> : Autres et non précisés
Prostate	<b>C61</b> : Prostate
Testicule	<b>C62</b> : Testicule
Vessie	<b>C67</b> : Vessie
Rein	<b>C64</b> : Rein <b>C65</b> : Pelvis rénal <b>C66</b> : Uretère <b>C68</b> : Autres et non précisés
Système nerveux central	<b>C70</b> : Méninges <b>C71</b> : Encéphale <b>C72</b> : Moelle épinière, nerfs crâniens et autres parties
Thyroïde	<b>C73</b> : Thyroïde
Lymphome Hodgkinien	<b>C81</b> : Lymphome Hodgkinien
Lymphome non-Hodgkinien	<b>C82</b> : Lymphome folliculaire <b>C83</b> : Lymphome non folliculaire <b>C84</b> : Lymphome à cellules T/NK matures <b>C85</b> : Autres NHL <b>C90.0</b> : Myélome multiple

Leucémie	<b>C92</b> : Leucémie aiguë myéloïde
Sarcome	<b>C46</b> : Sarcome
Autres	Tout autre cancer non listé ci-dessus

---

Compte tenu d'un nombre de cas insuffisant, les cancers de la vessie et du rein ont été regroupés pour les femmes.

#### 4.2.1.4.2 ANALYSES DE SURVIE

Pour comparer l'incidence des cancers et des causes de décès entre les travailleurs en espaces verts, agriculteurs et non-agricoles, des analyses de survie ont été menées. Des Hazard Ratios (HR) et leurs intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %) ont donc été estimés via le modèle des risques proportionnels de Cox (Cox, 1972) avec l'âge en échelle de temps.

Les modèles étaient basés sur les paramètres suivants :

- Date d'origine : date de naissance
- Date de point : 31 Décembre 2015 (2013 pour le Bas-Rhin)
- Délai de survenue : âge exprimé en jour
- Troncature à gauche par l'âge à la date d'inclusion (calculée en soustrayant la date de réception du questionnaire et la date de naissance).
- Censure à droite par l'âge à la date de dernières nouvelles (décès, date de perdu de vue ou date de point)
- Évènement d'intérêt : Décès ou cancer incident

Pour chaque cause de décès ou cancer incident, les facteurs de confusion potentiels étaient testés en comparant les HR avec et sans la covariable. Étaient intégrées aux modèles, les covariables pour lesquelles la différence entre les deux modèles était supérieure à 20 %. Les facteurs de confusion systématiquement testés étaient le statut tabagique, la consommation d'alcool et l'IMC. Pour chaque cancer ou cause de décès, les facteurs de confusion connus dans la littérature et dont l'information était disponible via le questionnaire étaient également testés. Le **Tableau 21** et **Tableau 22** reprennent les différentes variables testées pour chaque cause de décès ou cancer.

À chaque analyse, une stratification sur le genre a été réalisée. L'hypothèse de proportionnalité des résidus de Schoenfeld a été vérifiée en testant l'interaction linéaire avec l'âge dans chacun des modèles. Quand une variable ne vérifiait pas cette hypothèse, une stratification sur cette variable était réalisée. Au sein des travailleurs en espaces verts, une

comparaison entre les trois sous-groupes (jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes) a été menée. Ne sont présentés que les HR pour lesquels le nombre de cas était supérieur ou égal à 3.

**TABLEAU 21** : VARIABLES D’AJUSTEMENT IDENTIFIEES DANS LA LITTERATURE ET TESTEES DANS LES MODELES DE COX POUR CHAQUE CAUSE DE DECES

Causes de décès	Facteurs de confusion recherchés en plus de la consommation de tabac, d’alcool et de l’IMC
Tout cancer	-
Maladies de l’appareil circulatoire	Consommation de fruits et légumes, de boissons sucrées; antécédents de diabète, d’hypertension, de dépression
Cardiopathies ischémiques	Consommation de fruits et légumes, de boissons sucrées; antécédents de diabète, d’hypertension, de dépression
Maladies vasculaires cérébrales	Consommation de fruits et légumes, de boissons sucrées; antécédents de diabète, d’hypertension, de dépression
Maladies de l’appareil respiratoire	Consommation de fruits et légumes; antécédents d’asthme, rhume des foies, emphysème; diabète
Maladies neurologiques et mentales	Consommation de fruits et légumes; antécédents d’hypertension, diabète; niveau de formation
Causes externes	Antécédents de dépression; niveau de formation

**TABLEAU 22 : VARIABLES D'AJUSTEMENT CONNUES DANS LA LITTÉRATURE ET TESTÉES DANS LES MODÈLES DE COX POUR CHAQUE LOCALISATION DE CANCER**

<b>Cancers</b>	<b>Facteurs de confusion recherchés en plus de la consommation de tabac, d'alcool et de l'IMC</b>
Lèvre, cavité orale et pharynx	Consommation de fruits et légumes
Œsophage et estomac	Consommation de viande, fruits et légumes
Colon, rectum et anus	Consommation de viande, fruits et légumes; antécédents de diabète
Foie et pancréas	Antécédents de diabète
Larynx	Consommation de fruits et légumes
Poumon	-
Mélanome cutané	Niveau de formation; statut matrimonial
Sein	Nombre de grossesses; prise de contraceptif oral; allaitement; traitement hormonal postménopause; consommation de fruits et légumes
Organes reproducteurs féminins	Prise de contraceptif oral; nombre de grossesses; âge à la première grossesse; consommation de fruits et légumes
Prostate	Consommation de produits laitiers
Testicule	-
Vessie	Antécédents d'hypertension
Rein	-
Système nerveux central	Niveau de formation
Thyroïde	Niveau de formation; statut matrimonial
Lymphome Hodgkinien	-
Lymphome non-Hodgkinien	-
Leucémie	-
Sarcome	Niveau de formation; statut matrimonial
Autres	-

#### 4.2.1.4.3 ANALYSES DE SENSIBILITE

Plusieurs analyses de sensibilité ont été menées et ont consisté à :

- Restreindre aux travailleurs en espaces verts n'ayant jamais travaillé sur une exploitation agricole;
- Comparer les travailleurs en espaces verts ayant déclaré utiliser des pesticides aux non-utilisateurs;
- Comparer les travailleurs en espaces verts aux agriculteurs travaillant uniquement dans l'élevage d'une part (éleveurs); et travaillant uniquement dans la culture d'autre part (cultivateurs);
- Stratifier sur ceux n'ayant jamais fumé
- Stratifier sur le nombre de jours d'ensoleillement par département pour le mélanome cutané

## 4.2.2 RESULTATS

### 4.2.2.1 DESCRIPTION DE LA POPULATION

#### 4.2.2.1.1 CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES, HABITUDES DE VIE ET DONNEES DE SANTE

##### ➤ **Travailleurs en espaces verts**

Au total, 6247 individus ont déclaré au moins un emploi dans le secteur des espaces verts dans le calendrier professionnel et/ou ont coché avoir travaillé en tant que paysagistes ou jardiniers au suivi et/ou ont mentionné une culture florale ou en pépinière ornementale à l'inclusion ou au suivi. Cela représentait 3,4 % de la population incluse dans la cohorte Agrican.

Le **Tableau 23** présente les caractéristiques sociodémographiques des travailleurs en espaces verts, agriculteurs et non-agricoles. Parmi les travailleurs en espaces verts, 82,2 % étaient des hommes. Ils étaient plus jeunes que les deux autres groupes de références (âge médian à l'inclusion de 52 ans). Seulement 21,7 % étaient retraités à l'inclusion. Le niveau de formation était plus élevé que pour les agriculteurs. Au contraire des agriculteurs, la majorité était salariée (55,8 %).

La proportion de travailleurs en espaces verts variait selon les départements entre 2 % (Manche) et 7 % (Haut-Rhin) (**Figure 24**). Concernant le lieu de résidence durant l'enfance, 43,1 % avaient grandi sur une exploitation agricole (contre 78,3 % pour les agriculteurs). Les activités principales exercées sur ces exploitations étaient en grande majorité de la prairie

(60,8 %), de la culture céréalière (55,3 %) et de l'élevage bovin (68,6 %). Parmi ceux ayant grandi sur une exploitation, la production sous serre constituait l'activité principale pour 8,5 % des travailleurs en espaces verts (contre seulement 1,7 % chez les agriculteurs).

Le **Tableau 24** présente les mêmes informations, mais uniquement chez les travailleurs en espaces verts en distinguant les jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes. Les jardiniers constituaient la majorité de l'échantillon (72,2 %) suivis par les horticulteurs (18,7 %) puis les pépiniéristes (9,1 %). Dans les trois sous-groupes, les hommes étaient majoritaires, surtout chez les jardiniers (88,6 %) et les pépiniéristes (77,0 %). Chez les horticulteurs, les femmes comptaient pour 40,1 % de l'échantillon. Le département du Doubs présentait la proportion de jardiniers la plus importante (81 %), le Bas-Rhin, celle des horticulteurs (31 %) et la Gironde et l'Isère celle des pépiniéristes (11 %) (**Figure 25**).

**TABLEAU 23 : CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=156 693).**

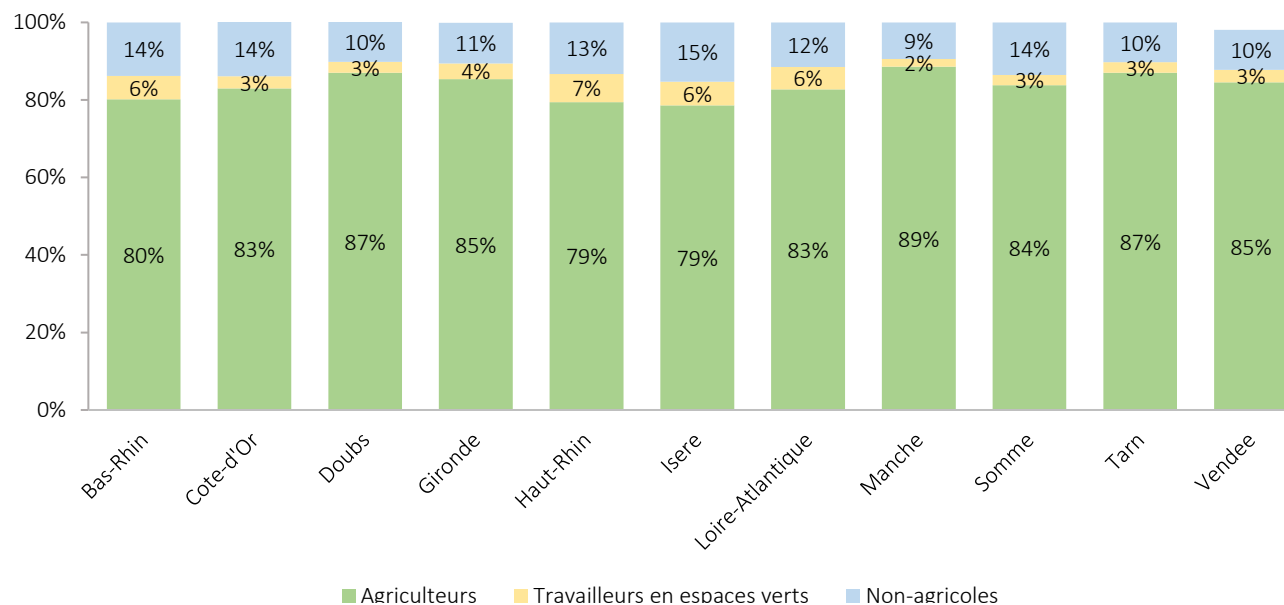
	<b>Travailleurs en EV<sup>a</sup></b> <b>N=6 247 (%)</b>	<b>Agriculteurs</b> <b>N= 132 402 (%)</b>	<b>Non-agricoles</b> <b>N= 18 044 (%)</b>
<b>Genre (n=156 693) <sup>b</sup></b>			
Homme	5 133 (82,2)	73 647 (55,6)	8 717 (48,3)
Femme	1 114 (17,8)	58 755 (44,4)	9 327 (51,7)
<b>Âge médian (EIQ<sup>a</sup>) (n=156 693)</b>			
	52 (39-65)	68 (55-77)	57 (45-67)
<b>Statut professionnel (n=156 693)</b>			
Travailleur indépendant	2 761 (44,2)	80 641 (60,9)	4 748 (26,3)
Salarié	3 486 (55,8)	51 761 (39,1)	13 296 (73,7)
<b>Retraité à l'inclusion (n=156 693)</b>			
Oui	1 355 (21,7)	70 616 (53,3)	4 512 (25,0)
Non	4 892 (78,3)	61 786 (46,7)	13 532 (75,0)
<b>Niveau de formation (n=147 612)</b>			
Élémentaire	1 707 (28,1)	6 9051 (55,7)	3 207 (18,2)
Secondaire	3 643 (59,9)	46 231 (37,3)	9 773 (55,4)
Supérieur	72 8 (12,0)	8 626 (7,0)	4 646 (26,4)
<b>Statut matrimonial (n=151 230)</b>			
Célibataire	1 108 (18,2)	11 169 (8,7)	1 377 (7,8)
Divorcé(e) ou séparé(e)	384 (6,3)	4 338 (3,4)	1 236 (6,9)
Marié(e) ou vie maritale	4 268 (80,1)	90 480 (70,5)	13 787 (77,6)
Veuf (ve)	330 (5,4)	22 394 (17,4)	1 359 (7,7)
<b>Résidence sur exploitation agricole durant l'enfance (n=145 328)</b>			
Oui	2 522 (43,1)	95 899 (78,3)	5 143 (30,4)
Non	3 324 (56,9)	26 651 (21,7)	11 789 (69,6)
<b>Si oui, activité principale sur l'exploitation durant l'enfance</b>			
Prairie	1 445 (60,8)	62 693 (68,3)	2 986 (62,5)
Vigne	677 (28,5)	25 271 (27,5)	985 (20,6)
Verger	313 (13,2)	9 812 (10,7)	492 (10,3)



Maraîchage	303 (12,7)	4028 (4,4)	188 (3,9)
Serre	201 (8,5)	1542 (1,7)	62 (1,3)
Céréales	1314 (55,3)	53034 (57,7)	2665 (55,8)
Bovins	1631 (68,6)	71772 (78,1)	3600 (75,3)
Moutons	240 (10,1)	9289 (10,1)	468 (9,8)
Cochons	628 (26,4)	26929 (29,3)	1305 (27,3)
Volaille	768 (32,3)	30039 (32,7)	1613 (33,8)

<sup>a</sup> Travailleurs en espaces verts : travailleurs inclus dans la cohorte Agrican avec au moins une expérience dans ce secteur. Sont inclus ceux sans expérience agricole (n=2614) et avec (n=3633)

<sup>b</sup> Nombre d'individus pour qui l'information été disponible



**FIGURE 24:** DISTRIBUTION DES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN AU SEIN DES DEPARTEMENTS

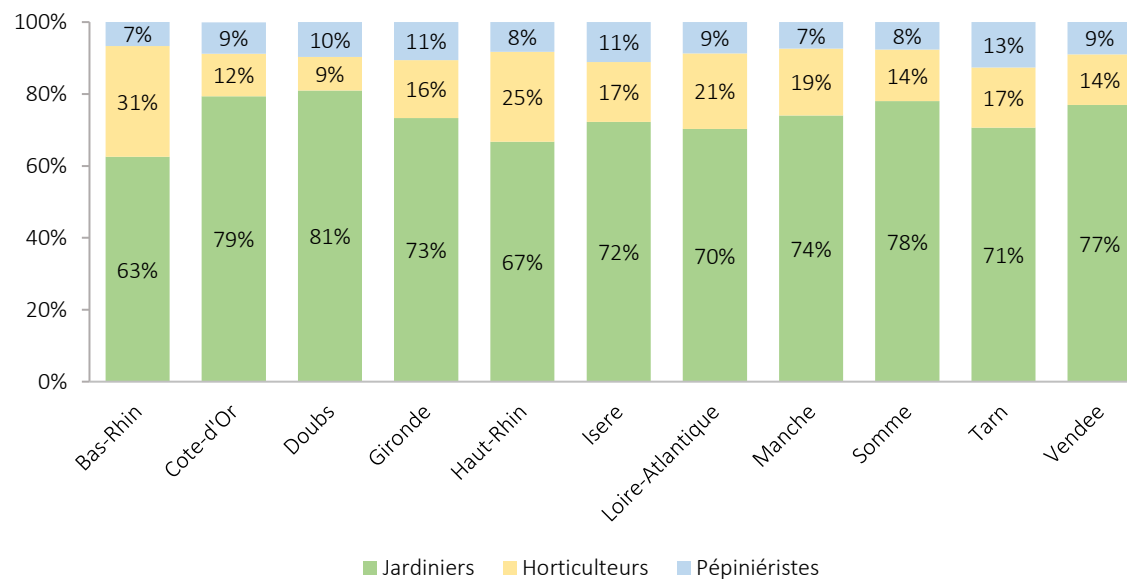
**TABLEAU 24:** CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS (N=6247) — COHORTE AGRICAN

	Jardiniers N=4508 (%)	Horticulteurs N=1170 (%)	Pépiniéristes N=569 (%)
<b>Genre (n=6247<sup>a</sup>)</b>			
Homme	3994 (88,6)	701 (59,9)	438 (77,0)
Femme	514 (11,4)	469 (40,1)	131 (23,0)
<b>Âge médian (EIQ<sup>b</sup>) (n=6247)</b>	51 (38-65)	55 (42-65)	55 (43-68)
<b>Statut professionnel (n=6247)</b>			
Travailleur indépendant	1971 (43,7)	513 (43,8)	277 (48,7)
Salarié	2537 (56,3)	657 (56,2)	292 (51,3)
<b>Retraité à l'inclusion (n=6247)</b>			
Oui	955 (21,2)	247 (21,1)	153 (26,9)
Non	3553 (78,8)	923 (78,9)	416 (73,1)
<b>Niveau de formation (n=6078)</b>			
Élémentaire	1254 (28,7)	263 (22,9)	190 (33,9)
Secondaire	2578 (59,0)	765 (66,7)	300 (53,6)
Supérieur	539 (12,3)	119 (10,4)	70 (12,5)
<b>Statut matrimonial (n=5890)</b>			
Célibataire	899 (20,5)	129 (11,2)	80 (14,4)
Divorcé(e) ou séparé(e)	275 (6,3)	69 (6,0)	40 (7,2)
Marié(e) ou vie maritale	3004 (68,4)	863 (75,2)	401 (72,4)
Veuf (ve)	211 (4,8)	86 (7,5)	33 (6,0)
<b>Résidence sur exploitation agricole durant l'enfance (n=5846)</b>			
Oui	1796 (42,6)	489 (44,3)	237 (44,9)
Non	2417 (57,4)	616 (55,7)	291 (55,1)
<b>Si oui, activité principale sur l'exploitation</b>			
Prairie	1084 (63,9)	233 (50,1)	128 (59,5)
Vigne	479 (28,2)	123 (26,5)	75 (34,9)
Verger	211 (12,4)	64 (13,8)	38 (17,7)
Maraîchage	189 (11,1)	101 (21,7)	13 (6,0)

Serre	87 (5,1)	97 (20,9)	17 (7,9)
Céréales	983 (57,9)	219 (47,1)	112 (52,1)
Bovins	1228 (72,4)	261 (56,1)	142 (66,0)
Moutons	177 (10,4)	34 (7,3)	29 (13,5)
Cochons	458 (27,0)	105 (22,6)	65 (30,2)
Volaille	563 (33,2)	127 (27,3)	78 (36,3)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information été disponible

<sup>b</sup> Écart Interquartile



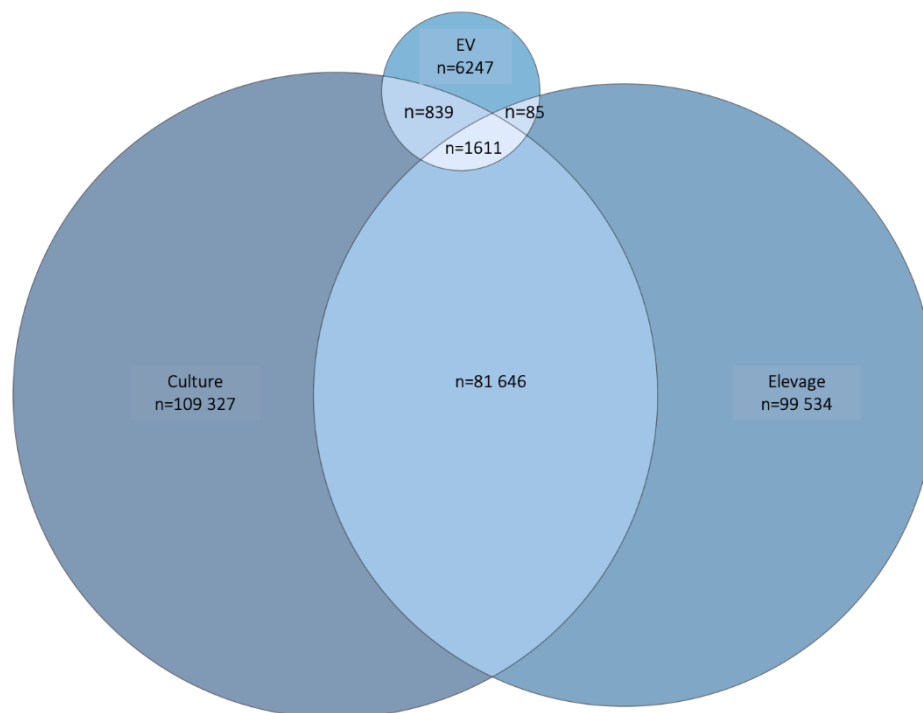
**FIGURE 25:** DISTRIBUTION DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS AU SEIN DES DEPARTEMENTS (N=6247) — COHORTE AGRICAN

La durée totale de travail dans le secteur des espaces verts était disponible pour 4329 individus. Les horticulteurs étaient ceux ayant la durée la plus longue avec une médiane se situant autour de 13 ans (**Tableau 25**).

La grande majorité des travailleurs en espaces verts avait également une expérience en agriculture (64,7 %). Et de façon peu surprenante, ce sont les horticulteurs qui étaient les plus nombreux à avoir ce double parcours (80,1 %). Concernant les activités agricoles, c'est la culture de végétaux qui était prédominante pour tous les travailleurs en espaces verts (66,4 %) et notamment pour les horticulteurs (74,4 %). L'élevage avait été réalisé par 41,5 % de la sous-cohorte. Le diagramme de Venn ci-dessous représente la répartition entre les trois secteurs : travail en espaces verts, élevage et culture (**Figure 26**).

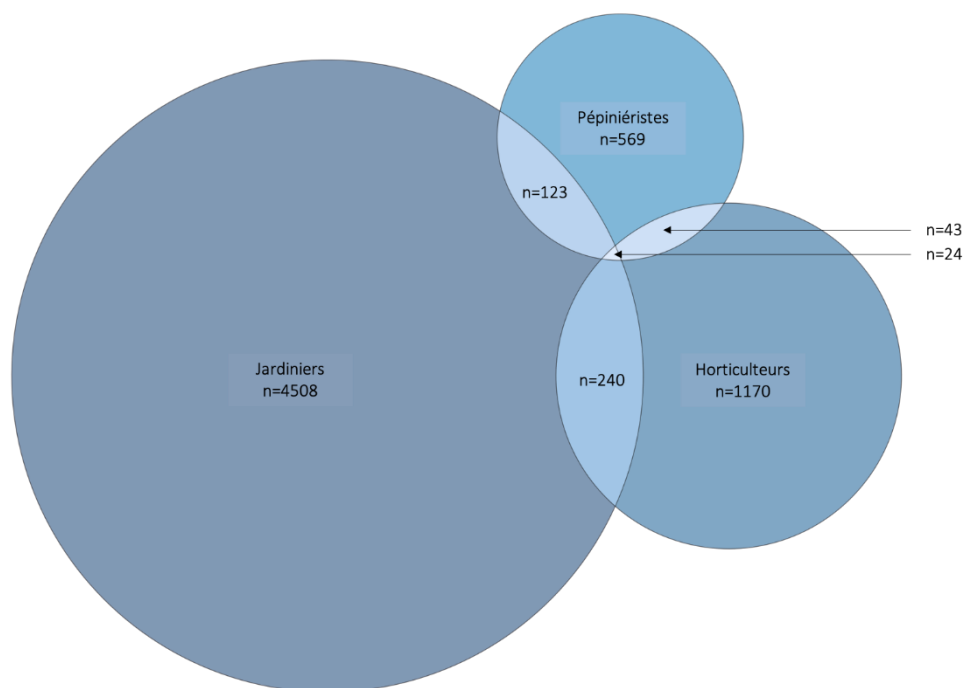
**TABLEAU 25:** CARACTERISTIQUES PROFESSIONNELLES ET PRATIQUES AGRICOLES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=6247).

	Travailleurs en espaces verts (N=6247)	Jardiniers (N=4508)	Horticulteurs (N=1170)	Pépiniéristes (N=569)
<b>Durée totale médiane dans le secteur des EV (EIQ) (n=4329)</b>	10 (5-21)	10 (5-19)	13 (5-26)	11 (6-22)
<b>Expérience en agriculture</b>	4043 (64,7)	2712 (60,2)	937 (80,1)	394 (69,2)
<b>Élevage</b>	1777 (41,5)	1456 (45,0)	191 (28,2)	130 (34,7)
Bovins	1428 (22,9)	1184 (26,3)	139 (11,9)	105 (18,5)
Moutons	362 (5,8)	303 (6,7)	28 (2,4)	31 (5,4)
Cochons	578 (9,3)	474 (10,5)	57 (4,9)	47 (8,3)
Volaille	745 (11,9)	603 (13,4)	90 (7,7)	52 (9,1)
Chevaux	573 (9,2)	467 (10,4)	64 (5,5)	42 (7,4)
<b>Culture</b>	3486 (66,4)	2391 (63,6)	755 (74,4)	340 (71,3)
Prairie	1427 (22,8)	1193 (26,5)	118 (10,1)	116 (20,4)
Vigne	1271 (20,3)	955 (21,2)	185 (15,8)	131 (23,0)
Orge/Blé	1118 (17,9)	942 (20,9)	97 (8,3)	79 (13,9)
Maïs	799 (12,8)	675 (15,0)	64 (5,5)	60 (10,5)
Pois fourragers	189 (3,0)	165 (3,7)	15 (1,3)	9 (1,6)
Pommes de terre	832 (13,3)	634 (14,1)	131 (11,2)	67 (11,8)
Betterave	475 (7,6)	407 (9,0)	38 (3,2)	30 (5,3)
Tournesol	206 (3,3)	178 (3,9)	18 (1,5)	10 (1,8)
Colza	270 (4,3)	240 (5,3)	19 (1,6)	11 (1,9)
Arbres fruitiers	1212 (19,4)	860 (19,1)	173 (14,8)	179 (31,5)
Culture sous serre	1183 (18,9)	486 (10,8)	592 (50,6)	105 (18,5)
Culture légumière	650 (10,4)	448 (9,9)	158 (13,5)	44 (7,7)
<b>Expérience uniquement en élevage</b>	85 (1,4)	71 (1,6)	13 (1,1)	1 (0,2)
<b>Expérience uniquement en culture</b>	839 (13,4)	488 (10,8)	242 (20,7)	109 (19,2)



**FIGURE 26 :** REPARTITION DES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN SELON LEUR ACTIVITE AGRICOLE.  
EV : ESPACES VERTS

La très grande majorité des travailleurs en espaces verts n'appartenaient qu'à l'un des trois sous-groupes (93 %). Seuls 431 cumulaient un ou plusieurs emplois dans ce secteur. Le diagramme de Venn ci-dessous représente la répartition entre les différents sous-groupes (Figure 27).



**FIGURE 27:** REPARTITION DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS SELON LEUR EMPLOI DANS CE SECTEUR, COHORTE AGRICAN.

Le **Tableau 26** présente les données de santé. La plupart des travailleurs en espaces verts (respectivement 55,3 % et 45,8 % chez les hommes et les femmes) avaient un poids normal (IMC compris entre 18,5 et 25 kg.m<sup>-2</sup>), alors que les hommes agriculteurs et non-agricoles étaient plus fréquemment en surpoids ou obèses (IMC supérieur à 25 kg.m<sup>-2</sup>) (respectivement 48,9 % et 47,3 %). Concernant les données relatives à la santé reproductive des femmes, les travailleuses en espaces verts déclaraient utiliser davantage la pilule contraceptive que les agricultrices (63,2 % *versus* 28,3) ainsi que des traitements hormonaux substitutifs (37,0 % *versus* 26,2 %).

**TABLEAU 26:** CARACTERISTIQUES DE SANTE CHEZ LES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=156 693).

	Travailleurs en EV <sup>a</sup> N=6247 (%)	Agriculteurs N= 132402 (%)	Non-agricoles N= 18044 (%)
<b>Indice de Masse Corporelle (kg.m<sup>-2</sup>) (n=136 351)</b>			
< 18,5	61 (1,1)	1542 (1,4)	341 (2,0)
[18,5-25[	2723 (47,5)	45 592 (40,0)	8288 (49,7)
[25-30 [	2252 (39,3)	49 338 (43,3)	6064 (36,4)
> 30	698 (12,2)	17 469 (15,3)	1983 (11,9)
<b>Santé reproductive chez la femme <sup>b</sup></b>			
Âge médian aux 1 <sup>res</sup> règles (EIQ <sup>c</sup> ) (n= 63431)	13 (11-15)	13 (11-15)	13 (11-15)
Prise de contraceptif oral (n=65 945)	690 (63,2)	15 784 (28,3)	22 685 (67,7)
Nombre médian de grossesses (IQR) (n=59 995)	2 (1-3)	3 (1-5)	2 (1-3)
Ménopause (n=68 547)	617 (56,7)	49 964 (85,8)	5 247 (56,9)
Traitement hormonal substitutif (n=51 667)	204 (37,0)	10 838 (26,2)	2 045 (42,9)
Allaitement (n=54 998)	539 (57,5)	27 438 (59,7)	4 480 (55,1)

<sup>a</sup> Travailleurs en espaces verts : travailleurs inclus dans la cohorte Agrican avec au moins une expérience dans ce secteur. Sont inclus ceux sans expérience agricole (n=2614) et avec (n=3633)

<sup>b</sup> Nombre d'individus pour qui l'information été disponible

<sup>c</sup> Ecart Interquartile

**TABLEAU 27:** HABITUDES DE VIE CHEZ LES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=156 693).

	Travailleurs en EV <sup>a</sup> N=6 247 (%)	Agriculteurs N= 132402 (%)	Non-agricoles N= 18044 (%)
<b>Statut tabagique (n=147 346) <sup>b</sup></b>			
Non-fumeur	2746 (45,3)	80 555 (65,1)	8 790 (50,0)
Ancien fumeur	2079 (34,3)	31 893 (25,8)	6 265 (35,6)
Fumeur	1241 (20,5)	11 239 (9,1)	2 538 (14,4)
<b>Consommation d'alcool (n=146 198) <sup>c</sup></b>			
Jamais	791 (13,1)	24 866 (20,3)	2 559 (14,7)
Rare	1005 (16,7)	21 407 (17,4)	4 098 (23,5)
Modérée	2141 (35,6)	33 412 (27,2)	6 053 (34,7)
Régulière	2087 (34,6)	43 030 (35,1)	4 749 (27,2)

<sup>a</sup> Travailleurs en espaces verts : travailleurs inclus dans la cohorte Agrican avec au moins une expérience dans ce secteur. Sont inclus ceux sans expérience agricole (n=2614) et avec (n=3633)

<sup>b</sup> Nombre d'individus pour qui l'information été disponible

<sup>c</sup> **rare** = moins de 3 fois par mois; **modérée** = entre 3 fois par mois à 2/3 fois par semaine; **régulière** = entre 4 à 7 fois par semaine

Tableau 27 présente les variables relatives aux habitudes de vie. Les travailleurs en espaces verts sont plus nombreux à fumer ou avoir fumé, quel que soit le genre, que les deux autres groupes de référence. Par contre, la proportion de consommateurs réguliers d'alcool était légèrement inférieure.

#### ➤ **Agriculteurs**

Parmi les 181842 participants de la cohorte Agrican, 132402 ont répondu avoir travaillé sur au moins une culture ou un élevage et ont donc été classés en tant qu'agriculteurs. Plus de la moitié étaient des hommes (55,6 %) et 60,9 % étaient travailleurs indépendants (**Tableau 26**). L'âge médian à l'inclusion était de 68 ans et plus de la moitié d'entre eux étaient également retraités (53,3 %).

#### ➤ **Population non agricole**

Le groupe des non-agricoles inclut 18044 travailleurs dont plus de la moitié était des femmes (51,7 %), et l'âge médian était de 57 ans (**Tableau 26**). La plupart étaient salariés (73,7 %) et toujours en activité à l'inclusion (75 %). Les employés des mutuelles et banques agricoles, chambre d'agriculture, etc. étaient les plus représentés (27 %) suivis par les artisans, commerçants, conducteurs, etc. (25,9 %); travailleurs du secteur tertiaire (personnels administratifs, vendeurs, etc.) dans des entreprises agricoles ou de secteurs connexes (12 %) ou hors de ce secteur (19 %); employés de coopératives (5 %); du secteur du bois ou machines agricoles (2 %).

#### **4.2.2.1.2 CARACTERISTIQUES DES EXPOSITIONS**

Le **Tableau 28** ci-dessous reprend les différentes variables caractérisant l'exposition aux pesticides à l'inclusion et au suivi. Plus de 68 % des travailleurs en espaces verts déclaraient avoir utilisé professionnellement des pesticides (contre 51,6 % chez les agriculteurs et 4,6 % chez les non-agricoles), une différence due à une plus grande proportion d'hommes chez les utilisateurs, quel que soit le groupe. Parmi les utilisateurs de pesticides, des EPI étaient portés par 73,4 % des travailleurs en espaces verts (contre 55,7 % chez les agriculteurs et 61,3 % chez les non-agricoles). Les grosses réparations ou encore l'entretien du pulvérisateur étaient



réalisés plus fréquemment chez les agriculteurs. Concernant les antécédents d'intoxication aux pesticides, aucune différence majeure n'a été observée entre les groupes. Les caractéristiques d'exposition ont également été regardées au suivi. Comme mentionné précédemment, une question spécifique au secteur des espaces verts était introduite au questionnaire de suivi (Q10 : «*Avez-vous travaillé dans une entreprise de paysagisme ou en tant que jardinier*»), suivi d'une question sur l'utilisation de pesticides dans ce secteur (Q10.3 : «*Avez-vous personnellement manipulé des pesticides dans ce secteur?*»). À cette question, 74,3 % des travailleurs en espaces verts ont répondu utiliser des pesticides dans ce secteur; avec la plus forte proportion chez les pépiniéristes (84,5 %). Toujours au suivi, une question générale sur l'utilisation des pesticides était posée : 55,4 % des travailleurs en espaces verts avaient répondu positivement à cette question (52,4 % pour les jardiniers; 62,0 % pour les horticulteurs et 61,4 % pour les pépiniéristes).

Concernant les EPI, les travailleurs en espaces verts les portaient plus fréquemment à l'application en comparaison des deux autres groupes; alors que les agriculteurs les portaient davantage à la préparation (**Figure 28**). Au sein des travailleurs en espaces verts, ce sont les horticulteurs qui les portaient le plus souvent à l'application (**Figure 29**).

**TABLEAU 28:** CARACTERISTIQUES D'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=156 693).

Caractéristiques d'exposition à l'inclusion	Hommes			Femmes			
	Travailleurs en EV <sup>a</sup> N= 5133 (%)	Agriculteurs N= 73647 (%)	Non-agricoles N= 8717 (%)	Travailleuses en EV N= 1114 (%)	Agricultrices N= 58755 (%)	Non-agricoles N= 9327 (%)	
<b>Utilisation de pesticides (n=69 351) <sup>b</sup></b>	Oui	3310 (75,6)	42718 (73,0)	521 (8,1)	262 (30,2)	5988 (16,7)	101 (1,4)
<b>Grosses réparations sur pulvérisateur (n= 66509)</b>	Oui	364 (8,6)	7077 (12,8)	209 (2,9)	10 (1,1)	346 (0,9)	51 (0,7)
Nombre médian d'années à faire ces réparations (EIQ <sup>c</sup> ) (n= 5969)		16 (12)	22 (13)	16 (12)	9 (6)	16 (14)	6 (5)
<b>Entretien du pulvérisateur (n= 70232)</b>	Oui	1390 (31,5)	22097 (37,7)	318 (4,5)	46 (5,1)	803 (2,1)	41 (0,5)
Nombre médian d'années à faire l'entretien (EIQ) (n= 19386)		16 (12)	23 (12)	17 (12)	9 (7,81)	17 (13,09)	11 (16,12)
<b>Intoxication aux pesticides (n=79 829)</b>	Oui	336 (6,5)	4451 (6,0)	85 (1,0)	53 (4,8)	936 (1,6)	40 (0,4)
Fréquence d'intoxication	Jamais	4458 (93,0)	62423 (93,3)	8076 (99,0)	988 (94,9)	49301 (98,1)	8785 (99,5)
	Une fois	253 (5,3)	3377 (5,0)	75 (0,9)	35 (3,4)	692 (1,4)	31 (0,4)
	Plusieurs fois	83 (1,7)	1074 (1,6)	10 (0,1)	18 (1,7)	244 (0,5)	9 (0,1)
<b>Caractéristiques d'exposition <u>au suivi</u> chez les travailleurs en EV</b>		<b>Jardiniers N= 2836 (%)</b>	<b>Horticulteurs N= 549 (%)</b>	<b>Pépiniéristes N= 261 (%)</b>	<b>Jardinières N= 451 (%)</b>	<b>Horticultrices N= 413 (%)</b>	<b>Pépiniéristes N= 73 (%)</b>
<b>Utilisation de pesticides en EV<sup>d</sup></b>	Oui	1842 (79,3)	226 (82,8)	125 (84,5)	119 (35,7)	40 (49,4)	14 (58,3)

<sup>a</sup> Travailleurs en espaces verts : travailleurs inclus dans la cohorte Agrican avec au moins une expérience dans ce secteur. Sont inclus ceux sans expérience agricole (n=2614) et avec (n=3633)

<sup>b</sup> Nombre d'individus pour qui l'information été disponible

<sup>c</sup> Écart Interquartile

<sup>d</sup> Réponse à la question Q10.3 du questionnaire de suivi (« Avez-vous personnellement manipulé des pesticides dans ce secteur [paysagiste ou jardinier] ? »).

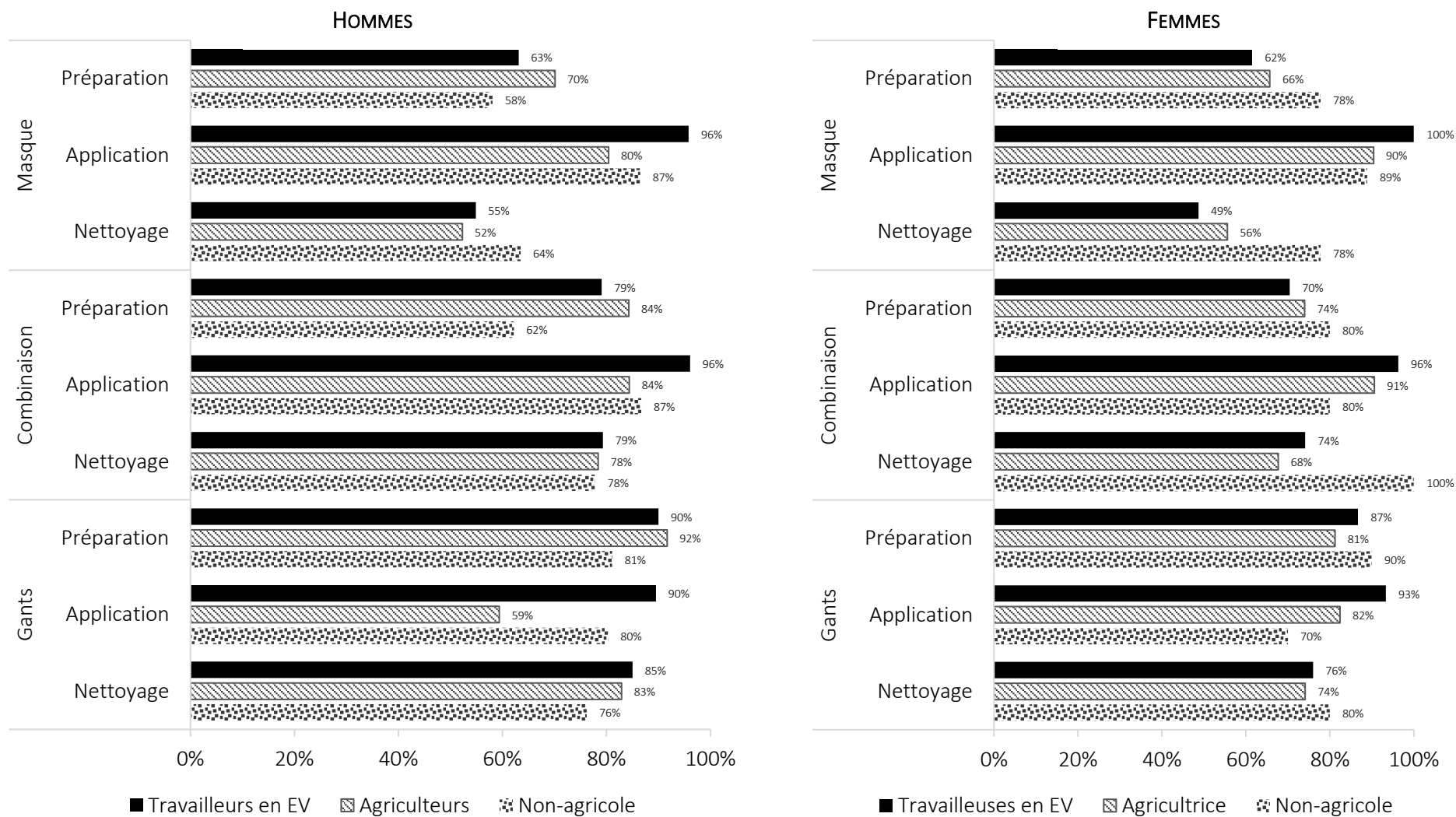


FIGURE 28: DECLARATION DU PORT DES EPI AU SEIN DE LA COHORTE AGRICAN, CHEZ LES HOMMES A GAUCHE ET FEMMES A DROITE

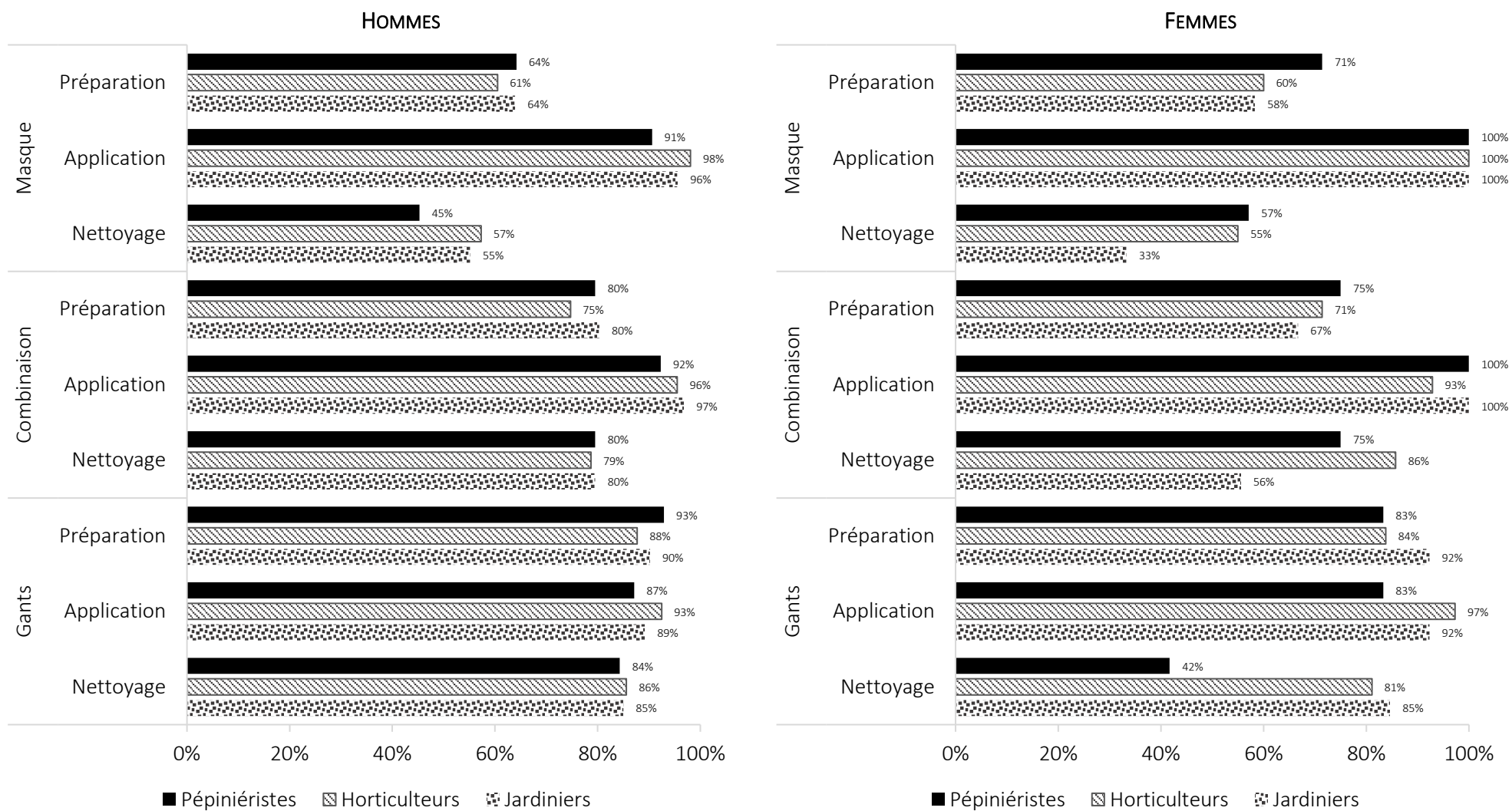


FIGURE 29: DECLARATION DU PORT DES EPI CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN, CHEZ LES HOMMES A GAUCHE ET FEMMES A DROITE

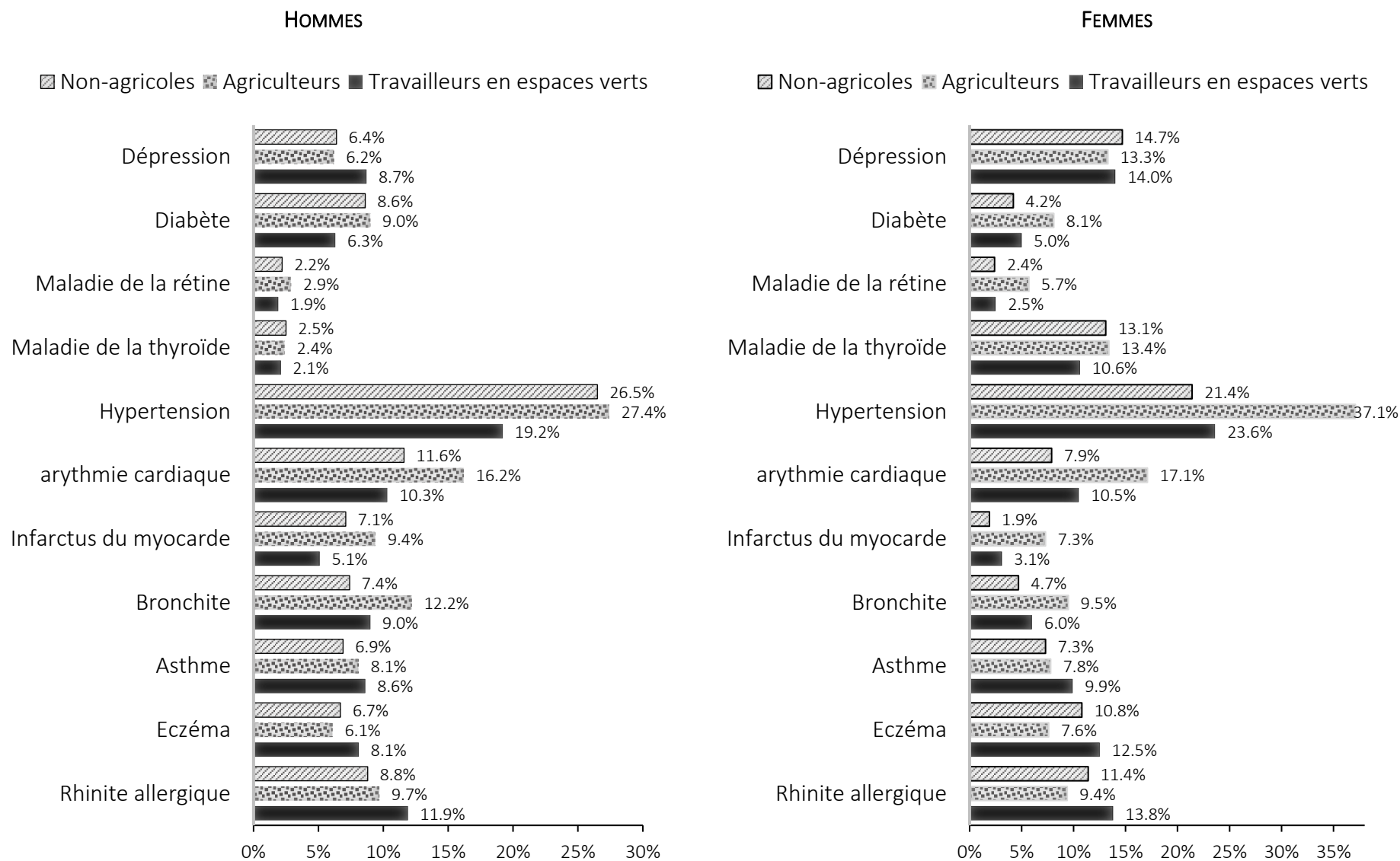
#### 4.2.2.1.3 ANTECEDENTS DE MALADIES CHRONIQUES A L'INCLUSION

##### ➤ Chez les hommes

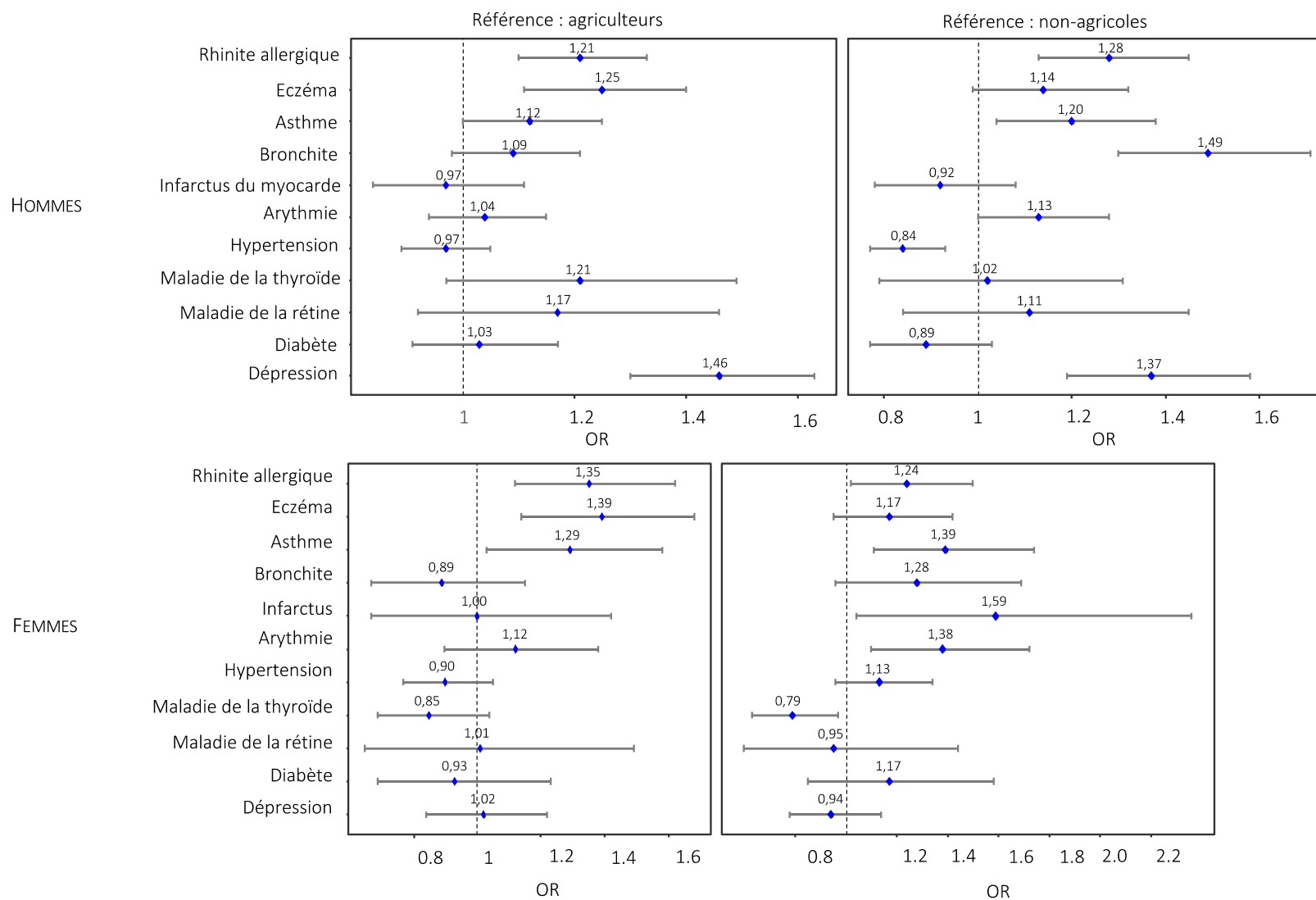
Chez les hommes travailleurs en espaces verts, deux maladies étaient plus fréquemment déclarées que dans les autres groupes : la dépression chez 8,7 % d'entre eux et les maladies allergiques (asthme, eczéma et rhinite allergique) chez 8,6 à 11,9 % (**Figure 30**). D'autre part, ils déclaraient moins d'antécédents de maladies cardiovasculaires (hypertension 19,2 %; arythmie 10,3 % et infarctus du myocarde 10,3 %) et de diabète (6,3 %). La prévalence de bronchites chroniques était plus élevée chez les travailleurs en espaces verts (9,0 %) que chez les travailleurs non agricoles (7,4 %), mais plus basse que chez les agriculteurs (12,2 %). Deux maladies étaient peu fréquentes chez les hommes, et surtout chez les travailleurs en espaces verts : maladies de la rétine (1,9 %) et de la thyroïde (2,1 %).

Les analyses prenant en compte l'âge (régressions logistiques) montraient des résultats comparables pour les antécédents de maladies allergiques et la dépression (**Figure 31**). Le risque de bronchite chronique, d'arythmie, et de maladies de la rétine et de la thyroïde était également plus élevé par rapport aux groupes de référence.

Dans les analyses de sensibilité stratifiées sur l'activité d'élevage, le risque de maladies allergiques (toutes confondues) était significativement plus élevé chez les travailleurs en espaces verts (OR=1,37 [1,19-1,59]) (**Tableau 29**). Le risque d'eczéma était plus important chez ces derniers, quelle que soit la comparaison, mais l'association était tout de même plus élevée lorsqu'ils étaient comparés aux agriculteurs spécialisés dans l'élevage (OR=1,70 [1,30-2,26]). Aucune différence entre les analyses initiales et celles-ci n'a été observée pour l'asthme.



**FIGURE 30:** ANTECEDENTS MEDICAUX DECLARES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEURS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN (N=156 693), A GAUCHE CHEZ LES HOMMES ET A DROITE CHEZ LES FEMMES. SEULS LES ANTECEDENTS AVEC PLUS DE 2 % DE DECLARATION SONT PRESENTES.



**FIGURE 31:** ANTECEDENTS MEDICAUX AUTODECLARES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS (HOMMES EN HAUT ET FEMMES EN BAS). COMPARAISON AVEC LES AGRICULTEURS (A GAUCHE) ET AVEC LES NON-AGRICULES (A DROITE). COHORTE AGRICAN (N=156 693). REGRESSION LOGISTIQUE AVEC AJUSTEMENT SUR L'AGE A L'INCLUSION (OR : ODDS RATIO).

**TABLEAU 29:** COMPARAISON DES ANTECEDENTS DE MALADIES ALLERGIQUES AUTODECLAREES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS MASCULINS, AVEC LES ELEVEURS ET LES CULTIVATEURS. COHORTE AGRICAN.

	Travailleurs en espaces verts (hommes)			
	vs éleveurs		vs cultivateurs	
	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	P value	OR aj [IC 95 %]	P value
Rhinite allergique	2,01 [1,58-2,58]	<0,001	1,07 [0,95-1,20]	0,266
Eczéma	1,70 [1,30-2,26]	<0,001	1,22 [1,05-1,40]	0,007
Asthme	1,12 [0,89-1,41]	0,348	1,12 [0,97-1,28]	0,109
Bronchites	1,06 [0,86-1,30]	0,595	1,30 [1,13-1,49]	<0,001
<b>Maladies allergiques</b>	<b>1,37 [1,19-1,59]</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,11 [1,02-1,21]</b>	<b>0,013</b>

<sup>a</sup> Odds Ratio ajustés sur l'âge (Intervalle de Confiance à 95 %).

### ➤ Chez les femmes

Chez les femmes, la fréquence des maladies allergiques était également plus élevée chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux deux autres groupes (13,8 % ont déclaré des antécédents de rhinite allergique, 12,5 % d'eczéma et 9,9 % d'asthme) (**Figure 30**). Les maladies de la thyroïde, généralement plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes en particulier pour les maladies auto-immunes, étaient moins fréquentes chez les travailleuses en espaces verts (10,6 %) par rapport aux groupes de référence. Pour les autres antécédents, elles se situaient le plus souvent dans une situation intermédiaire entre les agricultrices et les non-agricoles.

Dans les analyses de régression logistique, prenant en compte l'âge, les tendances étaient similaires avec une augmentation de risque de maladies allergiques et une diminution de risque pour les maladies de la thyroïde (**Figure 31**). Dans les analyses de sensibilité stratifiées sur l'activité d'élevage, le risque de maladies allergiques était également significativement plus élevé chez les travailleuses en espaces verts, en particulier lorsqu'elles étaient comparées aux éleveuses (OR=1,55 [1,33-1,81]) (**Tableau 30**).

**TABLEAU 30:** COMPARAISON DES ANTECEDENTS DE MALADIES ALLERGIQUES AUTODECLAREES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS, AVEC LES ELEVEURS ET LES CULTIVATEURS. COHORTE AGRICAN.

	Travailleuses en espaces verts — Femmes			
	vs éleveuses		vs cultivatrices	
	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	P value	OR aj [IC 95 %]	P value
Rhinite allergique	1,77 [1,42-2,19]	<0,001	1,26 [1,02-1,54]	0,026
Eczéma	1,53 [1,22-1,92]	<0,001	1,40 [1,12-1,73]	0,002
Asthme	1,59 [1,24-2,02]	<0,001	1,18 [0,93-1,49]	0,156
Bronchites	1,49 [1,10-2,00]	0,009	0,82 [0,61-1,02]	0,166
<b>Maladies allergiques</b>	<b>1,55 [1,33-1,81]</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>1,14 [0,98-1,32]</b>	<b>0,090</b>

<sup>a</sup> Odds Ratio ajustés sur l'âge (Intervalle de Confiance à 95 %).



#### 4.2.2.1.4 MORTALITE ET CAUSES DE DECES

Dans la sous-cohorte de travailleurs en espaces verts, 465 individus (7,4 %) étaient décédés entre l'inclusion et 2015 : 388 hommes (7,6 %) et 47 femmes (4,2 %). L'âge moyen de décès était de 81 ans (étendue de 36 à 106 ans) chez les hommes et 87 ans (étendue de 41 à 103 ans) chez les femmes. Les causes de décès étaient disponibles pour 424 individus (380 hommes et 44 femmes). Chez les hommes, la principale cause de décès était le cancer (134 cas, 35,3 %), suivie par les maladies du système circulatoire (106 cas, 27,9 %) (**Figure 32**). Chez les femmes, les décès par maladies du système circulatoire et autres causes étaient les plus fréquents (de manière égale 14 cas, 31,8 %), suivis par le cancer (8 cas, 18,2 %) (**Figure 33**).

##### ➤ Chez les hommes

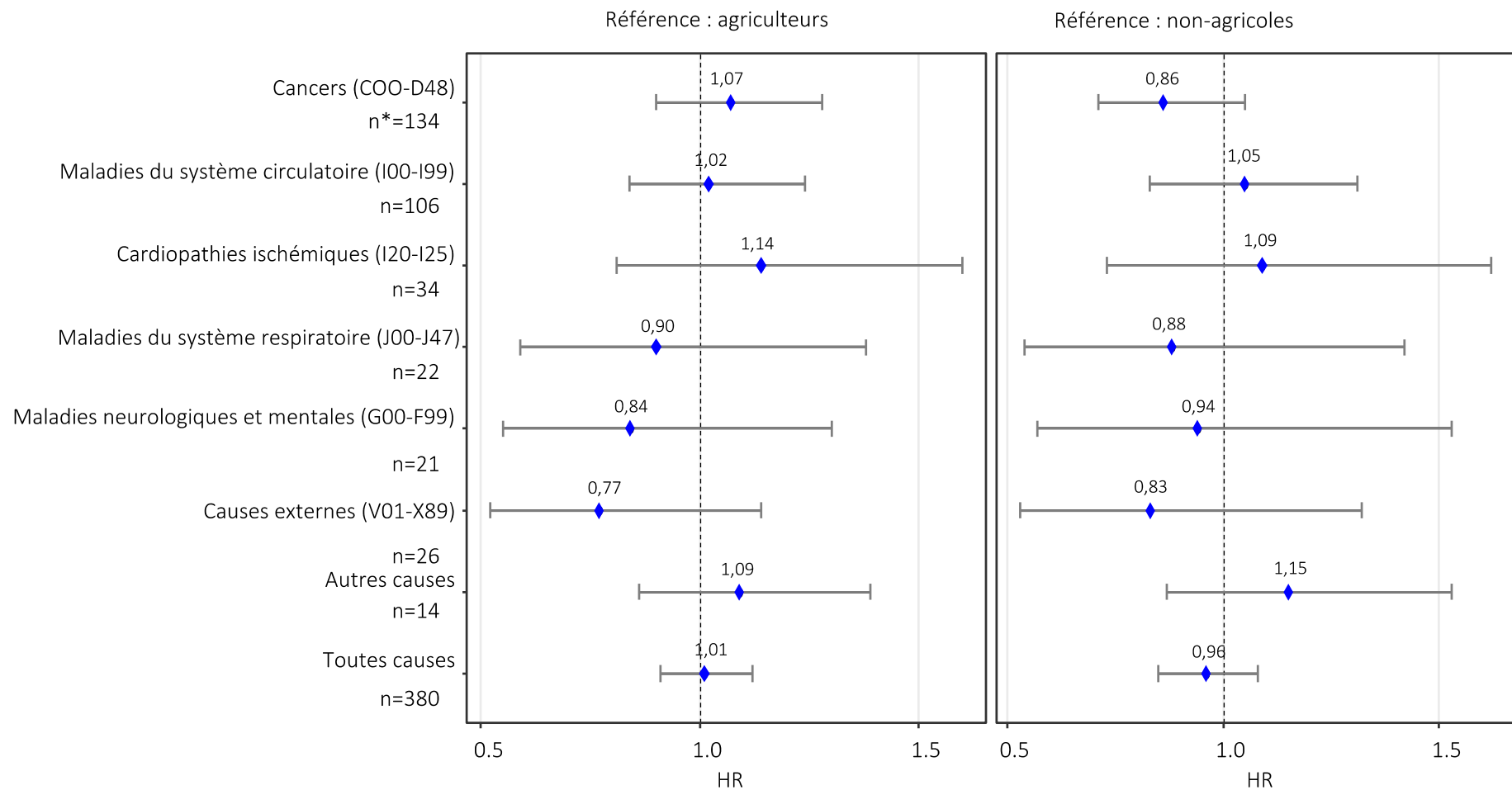
La mortalité globale (ajustée sur l'âge) n'était pas statistiquement différente entre les travailleurs en espaces verts et les agriculteurs (380 cas, HR=1,01 [0,91-1,12]) ou les non-agricoles (HR=0,96 [0,85-1,08]) (**Figure 32**).

Une légère augmentation (non significative) du risque de décès par cardiopathies ischémiques était observée chez les travailleurs en espaces verts par rapport aux agriculteurs (34 cas, HR=1,14 [0,81-1,60]) ainsi qu'une diminution non significative de décès par maladies neurologiques ou mentales (21 cas, HR=0,84 [0,55-1,30]) et de causes externes (26 cas, HR=0,77 [0,52-1,14]). Seulement deux travailleurs en espaces verts étaient décédés de maladies vasculaires cérébrales, ce qui ne permettait pas d'estimer le risque.

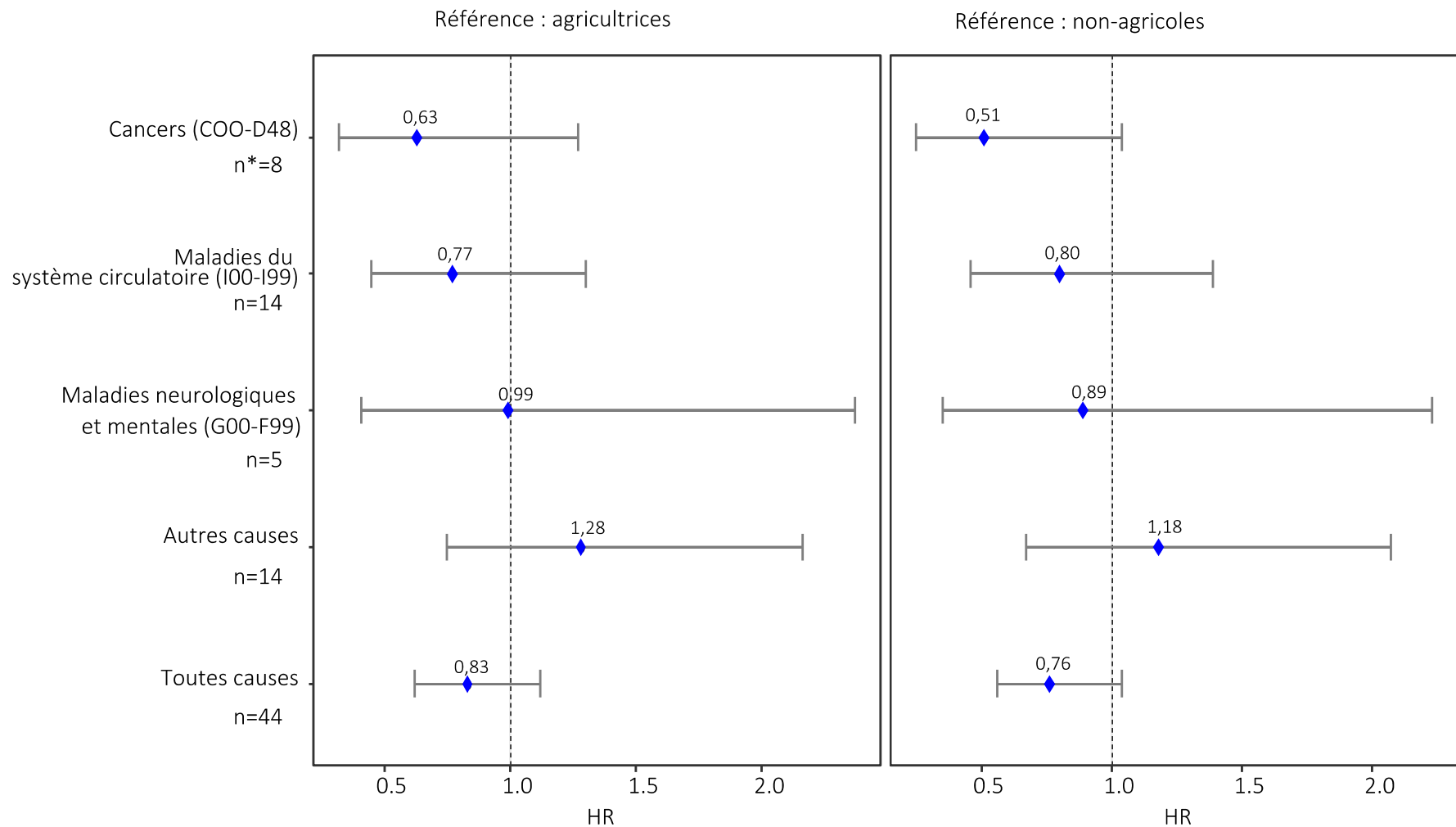
La comparaison de la mortalité des travailleurs en espaces verts à celle des non-agricoles montrait des diminutions de risque (non significatives) pour les décès par cancer (134 cas, HR=0,86 [0,71-1,05]), maladies du système respiratoire (22 cas, HR=0,88 [0,54-1,42]) et causes externes (26 cas, HR=0,83 [0,53-1,32]). Concernant les décès par causes externes chez les travailleurs en espaces verts, neuf étaient causés par un suicide (34,6 %), cinq par un accident (19,2 %) et quatre par une chute (15,4 %).

##### ➤ Chez les femmes

Pour toutes les causes de décès, la mortalité avait tendance à être plus faible (mais de façon non significative) chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux agricultrices (44 cas, HR=0,83 [0,62-1,12]) et aux femmes non-agricoles (HR=0,76 [0,56-1,04]) (**Figure 33**). Ces résultats étaient également retrouvés pour la mortalité par cancer (8 cas, HR =0,63 [0,32-1,27] et HR=0,51 [0,25-1,0] respectivement) et maladies du système circulatoire (14 cas, HR=0,77 [0,45-1,30] et HR=0,80 [0,46-1,39]). Pour les autres causes de décès, le nombre de cas était insuffisant pour estimer les risques.



**FIGURE 32:** MORTALITE CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS (HOMMES) COMPAREE AUX AGRICULTEURS (A GAUCHE) ET AUX NON-AGRICOLLES (A DROITE). COHORTE AGRICAN (N=87 497). HAZARD RATIOS (HR) ESTIMES AVEC DES MODELES DE COX AVEC L'AGE EN ECHELLE DU TEMPS. \* NOMBRE DE CAS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS POUR CHAQUE CAUSE.



**FIGURE 33:** MORTALITE CHEZ LES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS COMPAREE AUX AGRICULTEURS (A GAUCHE) ET AUX NON-AGRICOLES (A DROITE). COHORTE AGRICAN (N=87 497). HAZARD RATIOS (HR) ESTIMES AVEC DES MODELES DE COX AVEC L'AGE EN ECHELLE DU TEMPS. \* NOMBRE DE CAS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS POUR CHAQUE CAUSE.

#### 4.2.2.1.5 INCIDENCE DES CANCERS

##### ➤ Chez les hommes

Parmi les travailleurs en espaces verts, 388 hommes (7,6 %) ont développé un cancer entre l'inclusion et 2015 (**Tableau 31**). Le risque de cancer en général était significativement plus élevé par rapport aux agriculteurs (HR =1,15 [1,04-1,27]), mais ne l'était pas par rapport aux non-agricoles (HR=0,93 [0,83-1,05]).

Le risque de cancer était significativement plus élevé chez les travailleurs en espaces verts par rapport aux agriculteurs pour plusieurs localisations de cancer : prostate (140 cas, HR=1,21 [1,02-1,44]), mélanome cutané (19 cas, HR=2,15 [1,33-3,47]), thyroïde (7 cas, HR=2,84 [1,26-6,41]) et testicule (6 cas, HR=3,98 [1,50-10,58]). Des augmentations de risque non significatives et reposant sur des nombres limités de cas (entre 3 et 5) ont également été observées pour les sarcomes (HR=1,64 [0,65-4,10]), cancer du larynx (HR=2,17 [0,85-5,52]) et du sein (HR=3,22 [0,95-11,00]). À l'exception du cancer des testicules, ces augmentations de risque ont été observées également lorsque le groupe de référence était les non-agricoles, mais de façon non significative. Pour le cancer du poumon, du foie et du pancréas, de la cavité buccale et pharynx et du rein, les travailleurs en espaces verts semblaient moins à risque que les deux autres groupes de référence. Un résultat significatif était observé pour le cancer du poumon lorsque les travailleurs en espaces verts étaient comparés aux non-agricoles (27 cas, HR=0,62 [0,41-0,95]).

Pour les autres sites de cancer, les travailleurs en espaces verts étaient dans une situation intermédiaire avec un risque (non significatif) augmenté par rapport aux agriculteurs, mais diminué par rapport aux non-agricoles pour le cancer colorectal, vessie et leucémie. Pour le cancer du système nerveux central, le risque était diminué par rapport aux agriculteurs, mais augmenté par rapport aux non-agricoles (nombre limité de cas [n=4]).

##### ➤ Chez les femmes

Chez les travailleuses en espaces verts, 58 (5,2 %) avaient développé un cancer entre l'inclusion et 2015. Le cancer du sein était le plus fréquent (28 cas soit 48,3 % du total des cancers), suivi par le cancer du côlon (7 cas, soit 12,1 %) (**Tableau 32**). Comme chez les hommes, l'incidence du cancer en général était plus élevée par rapport aux agricultrices (HR=1,16 [0,89-1,51]) (non statistiquement significatif), mais inférieure par rapport aux non-agricoles (HR =0,82 [0,62-1,07]). Concernant le cancer du sein, l'incidence était significativement plus élevée chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux

agricultrices (HR=1,71 [1,17-2,50]). Pour les autres sites de cancers, le nombre de cas était limité (n=4), mais une augmentation de risque pour les mélanomes cutanés a été observée en comparaison avec les agricultrices (4 cas, HR : 1,91 [0,70-5,18]) et non-agricoles (HR=1,19 [0,41-3,40]). À l'inverse, les travailleuses en espaces verts semblaient moins à risque pour les cancers de l'utérus et de l'ovaire par rapport aux agricultrices (4 cas, HR=0,84 [0,31-2,26]) et aux non-agricoles (HR=0,58 [0,21-1,61]).

**TABLEAU 31:** HAZARD RATIOS POUR L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES HOMMES DANS LA COHORTE AGRICAN (N=87 497)

	Travailleurs en espaces verts — Hommes		
		vs agriculteurs	vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	9	0,86 [0,44-1,68]	0,85 [0,39-1,83]
Œsophage et estomac (C15-16)	14	0,92 [0,54-1,57]	1,06 [0,55-2,00]
Colon, rectum et anus (C18-21)	49	1,27 [0,95-1,70]	0,85 [0,61-1,20]
Foie et pancréas (C22-25)	13	0,60 [0,34-1,04]	0,58 [0,31-1,06]
Larynx (C32)	5	2,17 [0,85-5,52]	1,51 [0,48-4,78]
Poumon (C33-34)	27	0,89 [0,61-1,32]	<b>0,62* [0,41-0,95]</b>
Mélanome cutané (C44)	19	<b>2,15* [1,33-3,47]</b>	1,42 [0,70-2,56]
Sein (C50)	3	3,22 [0,95-11,00]	7,21 [0,75-69,3]
Prostate (C61)	140	<b>1,21* [1,02-1,44]</b>	1,12 [0,91-1,37]
Testicule (C62)	6	<b>3,98* [1,50-10,58]</b>	0,98 [0,32-2,99]
Vessie (C67)	14	1,30 [0,76-2,23]	0,66 [0,37-1,20]
Rein (C64-66 & C68)	12	0,82 [0,46-1,47]	0,71 [0,37-1,36]
Système nerveux central (C70-72)	4	0,64 [0,24-1,75]	1,30 [0,38-4,46]
Thyroïde (C73)	7	<b>2,84* [1,26-6,41]</b>	1,89 [0,65-5,49]
Lymphome non-Hodgkinien <sup>c</sup>	29	1,01 [0,69-1,47]	0,74 [0,48-1,14]
Leucémie (C92)	12	1,07 [0,60-1,91]	0,75 [0,39-1,48]
Sarcome (C46)	5	1,64 [0,65-4,10]	2,57 [0,68-9,64]
Autre cancer	18	1,33 [0,83-2,14]	1,03 [0,58-1,80]
<b>Total<sup>b</sup></b>	<b>388</b>	<b>1,15* [1,04-1,27]</b>	0,93 [0,83-1,05]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

<sup>c</sup> Sont inclus les myélomes multiples

**TABLEAU 32:** HAZARD RATIOS POUR L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES FEMMES DANS LA COHORTE AGRICAN (N=69 196)

	Travailleuses en espaces verts — Femmes		
	vs agricultrices		vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Colon, rectum et anus (C18-21)	7	1,17 [0,56-2,48]	0,90 [0,41-1,97]
Mélanome cutané (C44)	4	1,91 [0,70-5,18]	1,19 [0,42-3,40]
Sein (C50)	28	<b>1,71* [1,17-2,50]</b>	1,00 [0,68-1,48]
Col et corps utérus et ovaire (C53-57)	4	0,84 [0,31-2,26]	0,58 [0,21-1,61]
Vessie et rein (C64-68)	4	2,00 [0,74-5,42]	2,44 [0,78-7,66]
Lymphome non-Hodgkinien <sup>c</sup>	4	1,01 [0,38-2,70]	0,76 [0,27-2,14]
<b>Total<sup>c</sup></b>	58	1,16 [0,89-1,51]	0,82 [0,62-1,07]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

<sup>c</sup> Sont inclus les myélomes multiples

#### 4.2.2.1.6 ANALYSES DE SENSIBILITE

Dans les analyses de sensibilité conduites chez les travailleurs en espaces verts n'ayant jamais travaillé sur une exploitation agricole, les associations étaient les mêmes que pour les analyses principales. La significativité était atteinte pour le cancer colorectal et les sarcomes. De plus, des augmentations de risque non significatives ont été identifiées pour le cancer du poumon et le lymphome non-Hodgkinien (**Tableau 33**). Chez les femmes, les tendances étaient similaires à celles observées dans les analyses principales (**Tableau 34**).

**TABLEAU 33:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES HOMMES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS SANS EXPERIENCE AGRICOLE, COHORTE AGRICAN.

	Hommes — Travailleurs en EV sans expérience agricole (n=2137)		
	vs agriculteurs		vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	3	0,91 [0,29-2,87]	0,85 [0,26-2,86]
Œsophage et estomac (C15-16)	5	1,17 [0,48-2,84]	1,34 [0,51-3,50]
Colon, rectum et anus (C18-21)	<b>18</b>	<b>1,71* [1,07-2,74]</b>	1,13 [0,69-1,87]
Foie et pancréas (C22-25)	3	0,47 [0,15-1,45]	0,47 [0,15-1,49]
Poumon (C33-34)	13	1,37 [0,79-2,38]	1,01 [0,57-1,81]
Mélanome cutané (C44)	4	1,45 [0,54-3,94]	1,06 [0,37-3,07]
Prostate (C61)	40	1,24 [0,90-1,69]	1,13 [0,81-1,57]
Testicule (C62)	<b>3</b>	<b>4,13* [1,16-14,73]</b>	1,04 [0,26-4,23]
Vessie (C67)	4	1,38 [0,51-3,73]	0,72 [0,26-2,00]
Rein (C64-66 & C68)	5	1,10 [0,45-2,67]	0,97 [0,38-2,49]
Lymphome non-Hodgkinien	12	1,45 [0,81-2,57]	1,10 [0,60-2,03]
Leucémie (C92)	3	0,98 [0,31-3,08]	0,68 [0,21-2,23]
Sarcome (C46)	<b>3</b>	<b>3,25* [1,00-10,53]</b>	4,48 [0,96-20,84]
Autre cancer	<b>9</b>	<b>2,26* [1,21-4,60]</b>	1,90 [0,91-3,97]
<b>Total<sup>c</sup></b>	<b>129</b>	<b>1,31* [1,10-1,56]</b>	1,07 [0,89-1,29]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

**TABLEAU 34:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES FEMMES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS SANS EXPERIENCE AGRICOLE, COHORTE AGRICAN

	Femmes — Travailleuses en EV sans expérience agricole (n=477)		
	vs agriculteurs		vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC95 %]
Sein (C50)	14	<b>2,36* [1,39-4,02]</b>	1,41 [0,82-2,42]
<b>Total<sup>b</sup></b>	<b>26</b>	<b>1,57* [1,06-2,31]</b>	1,10 [0,74-1,63]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

Dans les analyses comparant les utilisateurs de pesticides aux non-utilisateurs chez les travailleurs en espaces verts, le risque de cancer en général n'était pas différent. Cependant, des augmentations de risque ont été observées pour le cancer colorectal, larynx, prostate, thyroïde, mélanome cutané, lymphome non-Hodgkinien, et leucémie, mais aucune de ces associations n'était significative (**Tableau 35**). Chez les femmes, le risque de cancer en général était supérieur chez les utilisatrices de pesticide (15 cas, HR =1,72 [0,91-3,24]) (**Tableau 36**). Une élévation du risque de cancer du sein a également été identifiée, mais restait non significative (6 cas, HR=1,31 [0,51-3,39]).

**TABLEAU 35:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES HOMMES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS UTILISATEURS DE PESTICIDES VS LES NON-UTILISATEURS, COHORTE AGRICAN

	Travailleurs en EV — Hommes (n=5133)	
	Utilisateurs de pesticides vs non-utilisateurs	
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	6	0,95 [0,19-4,76]
Œsophage et estomac (C15-16)	7	0,90 [0,23-3,55]
Colon, rectum et anus (C18-21)	26	1,19 [0,57-2,48]
Foie et pancréas (C22-25)	4	0,31 [0,09-1,09]
Larynx (C32)	4	1,62 [0,18-14,73]
Poumon (C33-34)	13	0,72 [0,29-1,83]
Mélanome cutané (C44)	14	2,07 [0,59-7,26]
Prostate (C61)	82	1,24 [0,81-1,90]
Testicule (C62)	5	<sup>d</sup>
Vessie (C67)	4	0,35 [0,09-1,33]
Rein (C64-66 & C68)	4	0,29 [0,08-1,02]
Système nerveux central (C70-72)	3	<sup>d</sup>
Thyroïde (C73)	4	1,55 [0,17-13,98]
Lymphome non-Hodgkinien	18	1,39 [0,51-3,81]
Leucémie (C92)	6	2,38 [0,28-19,98]
Sarcome (C46)	3	0,85 [0,09-8,15]
Autre cancer	10	0,99 [0,34-2,92]
Total <sup>c</sup>	214	1,07 [0,83-1,37]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées

<sup>d</sup> 0 cas dans le groupe de référence



**TABLEAU 36:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES FEMMES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS UTILISATRICES DE PESTICIDES VS LES NON-UTILISATRICES, COHORTE AGRICAN

<b>Travailleuses en EV — Femmes (n=1114)</b>		
<b>Utilisatrices de pesticides vs non-utilisatrices</b>		
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]
<b>Sein (C50)</b>	6	1,31 [0,51-3,39]
<b>Total<sup>b</sup></b>	15	1,72 [0,91-3,24]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

La stratification sur l'activité d'élevage n'a pas montré de différence majeure avec les analyses principales et les associations allaient dans le même sens, sauf pour le cancer de la vessie (**Tableau 37**). Cependant, de légères variations ont été observées chez les hommes : i) chez les travailleurs en espaces verts, le risque de cancer colorectal était supérieur par rapport aux éleveurs; ii) pour le cancer du poumon, ils avaient toujours moins de risque quel que soit le groupe de comparaison, mais ils présentaient tout de même, un risque statistiquement inférieur que les cultivateurs; iii) pour le mélanome cutané, ils étaient toujours plus à risque quel que soit le groupe de comparaison, mais le hazard ratio était plus élevé dans les comparaisons avec les éleveurs; et iv) pour le cancer de thyroïde; ils étaient toujours plus à risque, surtout par rapport aux cultivateurs. Les résultats chez les femmes sont présentés dans le **Tableau 38**.

**TABLEAU 37:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES HOMMES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS VS LES ELEVEURS ET VS LES CULTIVATEURS, COHORTE AGRICAN

	Travailleurs en EV — Hommes (n=5133)		
	n	vs éleveurs	vs cultivateurs
		HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	9	0,71 [0,23-2,18]	0,56 [0,26-1,21]
Œsophage et estomac (C15-16)	14	0,74 [0,31-1,73]	0,86 [0,45-1,63]
Colon, rectum et anus (C18-21)	49	1,51 [0,87-2,64]	1,15 [0,80-1,64]
Foie et pancréas (C22-25)	<b>13</b>	<b>0,43* [0,20-0,94]</b>	<b>0,48* [0,26-0,90]</b>
Larynx (C32)	5	<sup>d</sup>	1,57 [0,45-5,47]
Poumon (C33-34)	27	0,71 [0,38-1,31]	<b>0,53* [0,34-0,81]</b>
Mélanome cutané (C44)	19	2,12 [0,71-6,33]	1,76 [0,93-3,33]
Prostate (C61)	140	1,12 [0,83-1,52]	1,13 [0,91-1,40]
Testicule (C62)	6	<sup>d</sup>	1,87 [0,57-6,13]
Vessie (C67)	14	1,68 [0,55-5,15]	0,96 [0,50-1,84]
Rein (C64-66 & C68)	12	0,89 [0,33-2,42]	<b>0,50* [0,26-0,96]</b>
Système nerveux central (C70-72)	4	0,75 [0,13-4,26]	0,51 [0,16-1,55]
Thyroïde (C73)	7	1,43 [0,29-7,04]	2,34 [0,74-7,41]
Lymphome non-Hodgkinien	29	1,03 [0,52-2,06]	1,07 [0,68-1,70]
Leucémie (C92)	12	1,06 [0,37-3,06]	0,81 [0,41-1,61]
Sarcome (C46)	5	1,71 [0,20-14,94]	1,20 [0,38-3,81]
Autre cancer	18	0,89 [0,42-1,90]	1,09 [0,61-1,94]
<b>Total<sup>c</sup></b>	<b>388</b>	<b>1,07 [0,89-1,28]</b>	<b>0,95 [0,84-1,07]</b>

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

<sup>d</sup> 0 cas dans le groupe de référence

**TABLEAU 38:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES FEMMES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS VS LES ELEVEUSES ET VS LES CULTIVATRICES, COHORTE AGRICAN

	Travailleuses en EV — Femmes (n=1114)		
	n	vs éleveuses	vs cultivatrices
		HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Colon, rectum et anus (C18-21)	7	1,15 [0,52-2,56]	1,08 [0,48-2,41]
Sein (C50)	28	1,38 [0,92-2,09]	1,33 [0,87-2,01]
<b>Total<sup>b</sup></b>	<b>58</b>	<b>1,07 [0,81-1,42]</b>	<b>0,90 [0,68-1,19]</b>

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

Dans les analyses restreintes aux non-fumeurs, le risque de cancer en général était inchangé par rapport aux analyses principales, et ce, quel que soit le groupe de comparaison utilisé (**Tableau 39**). Cependant, quelques différences ont été identifiées : i) chez les hommes, dans la comparaison avec les agriculteurs, des augmentations des risques de cancers de l'œsophage et estomac, testicule, thyroïde, lymphome non-Hodgkinien et leucémie ont été identifiées. Toutefois, l'augmentation de risque pour le cancer colorectal et cancer de la prostate n'était plus observée dans ces analyses. Dans la comparaison avec les non-agricoles, de légères augmentations des cancers de l'œsophage et estomac, testicule et thyroïde ont été identifiées; ii) Chez les femmes, le risque de cancer du sein était toujours statistiquement augmenté chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux agricultrices (**Tableau 40**).

**TABLEAU 39:** HAZARD RATIO DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES HOMMES NON FUMEURS TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS VS LES AGRICULTEURS ET LES NON AGRICOLES, COHORTE AGRICAN

	Travailleurs en EV non-fumeurs — Hommes (n=1971)		
		vs agriculteurs	vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Œsophage et estomac (C15-16)	5	1,19 [0,49-2,93]	1,50 [0,46-4,92]
Colon, rectum et anus (C18-21)	14	0,97 [0,57-1,65]	0,69 [0,37-1,29]
Mélanome cutané (C44)	<b>8</b>	<b>2,43* [1,17-5,06]</b>	1,24 [0,48-3,17]
Prostate (C61)	52	1,08 [0,82-1,43]	1,03 [0,73-1,45]
Testicule (C62)	<b>3</b>	<b>6,87* [1,58-29,82]</b>	1,15 [0,23-5,75]
Rein (C64-66 & C68)	3	0,64 [0,21-2,01]	0,47 [0,13-1,66]
Thyroïde (C73)	<b>4</b>	<b>4,42* [1,44-13,57]</b>	2,20 [0,48-9,99]
Lymphome non-Hodgkinien	13	1,18 [0,67-2,05]	0,76 [0,39-1,46]
Leucémie (C92)	6	1,50 [0,66-3,41]	0,97 [0,36-2,64]
Autre cancer	6	1,23 [0,54-2,80]	0,84 [0,31-2,26]
<b>Total<sup>c</sup></b>	126	1,11 [0,92-1,32]	0,91 [0,73-1,13]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

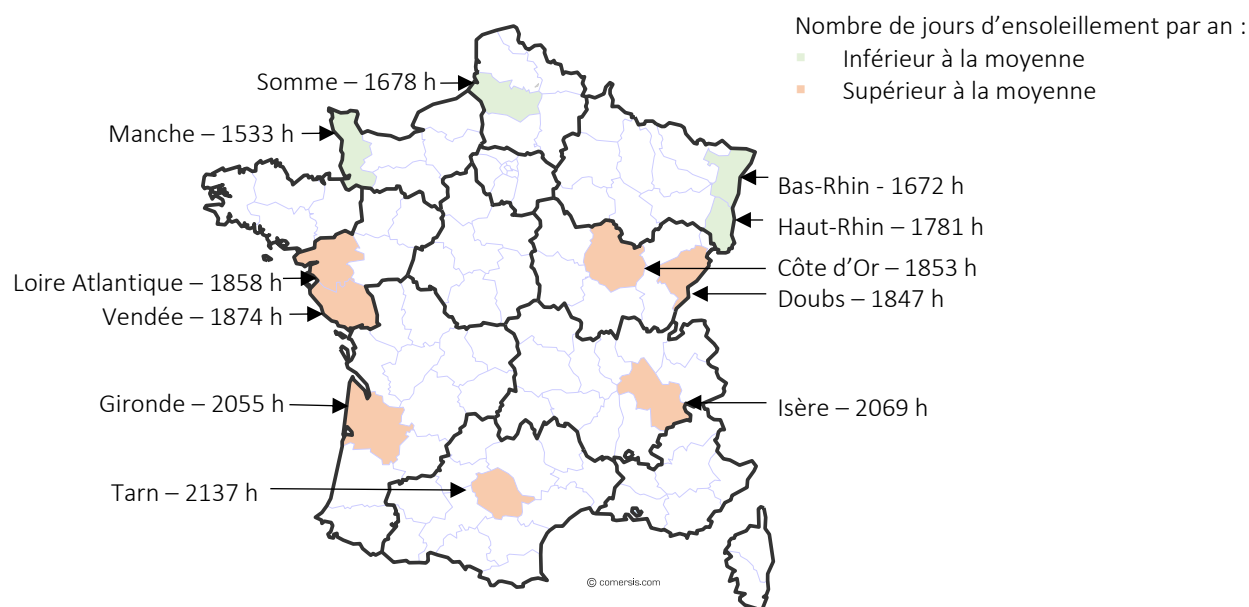
**TABLEAU 40:** HAZARD RATIO DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES FEMMES NON FUMEUSES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS VS LES AGRICULTRICES ET LES NON AGRICOLES, COHORTE AGRICAN

	Travailleuses en EV non-fumeuses — Femmes (n=775)		
		vs agriculteurs	vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]
Sein (C50)	19	1,63* [1,03-2,57]	0,91 [0,57-1,47]
Total <sup>b</sup>	38	1,03 [0,75-1,42]	0,73 [0,52-1,02]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

Pour le mélanome cutané, l'exposition aux Ultra-Violet (UV) solaires est un facteur de risque avéré (Fortes et al., 2016). Cependant, estimer l'exposition individuelle à ce facteur est un défi et de nombreux paramètres tels que la fenêtre d'exposition, le phototype ou encore l'exposition hors travail doivent être pris en compte. Néanmoins, nous avons tenté de traiter ce point en menant des analyses de sensibilité prenant en compte le nombre total d'heures d'ensoleillement par an (calculé sur la période 1991-2010) et par département. Les 11 départements ont donc été classés selon le nombre moyen d'heures de soleil par an (1851 heures). La carte ci-dessous représente les départements avec leur nombre total d'heures d'ensoleillement par an moyen sur la période 1999-2010 (**Figure 34**).



**FIGURE 34:** DEPARTEMENTS INCLUS DANS LA COHORTE, CLASSES SELON LE NOMBRE TOTAL DE JOURS D'ENSOLEILLEMENT (SUR LA PERIODE 1999-2010), COHORTE AGRICAN

- Départements avec un nombre de jours d'ensoleillement par an inférieur à la moyenne : Bas-Rhin, Haut-Rhin, Manche et Somme (en vert sur la carte)
- Départements pour lesquels ce nombre est supérieur à la moyenne : Côte-d'Or, Doubs, Gironde, Isère, Loire-Atlantique, Tarn and Vendée (en orange sur la carte).

En stratifiant sur ces deux groupes, aucune différence majeure avec les analyses principales n'a été observée (**Tableau 41**) : le risque de mélanome cutané restait deux fois supérieur chez les travailleurs en espaces verts par rapport aux agriculteurs, quelle que soit la durée d'ensoleillement.

**TABLEAU 41:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES MELANOMES CUTANES CHEZ LES HOMMES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS STRATIFIES SUR LA MOYENNE DE JOURS D'ENSOLEILLEMENT PAR AN, PAR DEPARTEMENT, COHORTE AGRICAN

	Faible ensoleillement		Ensoleillement élevé	
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	n	HR brut [IC 95 %]
<b>Mélanome cutané</b>				
vs agriculteurs	5	2,18 [0,86-5,48]	14	2,09 [1,20-3,66]
vs non-agricoles	5	1,22 [0,42-3,50]	14	1,49 [0,73-3,05]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

La distribution entre les deux groupes n'étant pas équilibrée (davantage de départements dans le deuxième groupe), des analyses ont été également menées en déplaçant la Côte-d'Or et le Doubs dans le premier groupe : aucune différence n'a été observée (résultats non montrés ici).

Comme exposé dans le paragraphe **4.2.2.1.1** page **149**, la distribution des travailleurs selon leur groupe (espaces verts, agricole et non-agricole) variait sensiblement d'un département à l'autre. Nous avons donc mené des analyses en stratifiant sur la distribution des travailleurs en espaces verts en groupant les départements ayant une proportion de travailleurs en espaces verts variant de 2 à 4 % (Côte-d'Or, Doubs, Gironde, Manche, Somme, Tarn et Vendée) et les départements pour lesquels cette proportion varie entre 6 et 7 % (Bas-Rhin, Haut-Rhin, Isère et Loire-Atlantique). Aucune différence majeure avec les analyses principales n'a été identifiée (résultats non présentés ici).

#### 4.2.2.1.7 DIFFERENCES AU SEIN DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS

Pour les cancers apparaissant en excès chez les travailleurs des espaces verts, des analyses complémentaires ont été menées dans les sous-groupes de travailleurs (**Tableau 42**). Chez les hommes, en prenant les non-agricoles comme référence, le risque de cancer en général était comparable pour les jardiniers et les horticulteurs (respectivement 293 cas, HR=0,99 [0,87-1,13]) et 55 cas, HR=1,07 [0,82-1,42]). Une diminution non significative du risque était observée pour les pépiniéristes (40 cas, HR=0,80 [0,58-1,11]). En prenant les agriculteurs comme référence, les risques étaient légèrement supérieurs et le risque de cancer en général était apparaissait augmenté chez les jardiniers (HR=1,17 [1,04-1,31]) et chez les pépiniéristes (HR=1,28 [0,93-1,74]). Les horticulteurs avaient un risque de mélanome cutané multiplié par 4 en comparaison des agriculteurs (6 cas, HR=3,99 [1,61-9,88]) et des non-agricoles (HR=4,30 [1,90-9,74]). Un risque plus élevé a également été identifié chez les jardiniers par rapport à ces deux groupes (respectivement 12 cas, HR=1,83 [1,02-3,30] et HR=1,22 [0,61-2,42]).

Concernant les femmes, par comparaison avec les non-agricoles, les travailleuses en espaces verts, quel que soit le sous-groupe, avaient une incidence de cancer inférieure pour les cancers en général (respectivement 28 cas, HR=0,78 [0,54-1,15], 24 cas, HR=0,93 [0,62-1,40] et 6 cas, HR= 0,63 [0,28-1,40]) (**Tableau 43**). Pour le cancer du sein, les jardinières étaient moins à risque que les non-agricoles (11 cas, HR=0,81 [0,44-1,49]) alors qu'il semblerait que ce soit l'inverse pour les pépiniéristes (6 cas, HR =1,61 [0,71-3,62]). Comparé aux agricultrices, ce risque était plus élevé dans les trois sous-groupes, en particulier chez les pépiniéristes pour lesquelles le risque était proche du triplement et statistiquement significatif (HR=2,82 [1,26-6,29]).

**TABLEAU 42: RISQUES DE CANCERS CHEZ LES HOMMES TRAVAILLANT EN ESPACES VERTS EN FONCTION DES SOUS-GROUPES (N=5111), COHORTE AGRICAN**

	Hommes								
	vs agriculteurs						vs non-agricoles		
	Jardiniers		Horticulteurs		Pépinieristes		Jardiniers	Horticulteurs	Pépinieristes
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	n	HR brut [IC 95 %]	n	HR brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	7	0,90 [0,42-1,91]	1	-	1	-	0,88 [0,38-2,07]	-	-
Colon, rectum et anus (C18-21)	39	1,36 [0,98-1,87]	7	1,15 [0,54-2,41]	3	0,80 [0,26-2,49]	0,94 [0,66-1,35]	1,20 [0,56-2,60]	0,35 [0,11-1,12]
Mélanome cutané (C44)	12	<b>1,83 [1,02-3,30]</b>	6	<b>4,30 [1,90-9,74]</b>	0	-	1,22 [0,61-2,42]	<b>3,99* [1,61-9,88]</b>	-
Prostate (C61)	101	1,19 [0,97-1,45]	23	1,17 [0,77-1,76]	16	1,50 [0,92-2,46]	1,16 [0,92-1,46]	1,36 [0,88-2,08]	1,18 [0,71-1,97]
Lymphome non-Hodgkinien <sup>b</sup>	20	0,94 [0,60-1,48]	5	1,04 [0,43-2,54]	4	1,47 [0,55-3,94]	0,77 [0,47-1,26]	0,92 [0,34-2,53]	0,83 [0,30-2,31]
<b>Total</b>	<b>293</b>	<b>1,17 [1,04-1,31]</b>	55	0,99 [0,76-1,29]	40	1,28 [0,93-1,74]	0,99 [0,87-1,13]	1,07 [0,82-1,42]	0,80 [0,58-1,11]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

**TABLEAU 43: RISQUES DE CANCERS CHEZ LES FEMMES TRAVAILLANT EN ESPACES VERTS EN FONCTION DES SOUS-GROUPES (N=1136), COHORTE AGRICAN**

	Femmes								
	vs agricultrices						vs non-agricoles		
	Jardinières		Horticultrices		Pépinieristes		Jardinières	Horticultrices	Pépinieristes
	n	HR <sup>a</sup> [IC 95 %]	n	HR [IC 95 %]	n	HR [IC 95 %]	HR [IC 95 %]	HR [IC 95 %]	HR [IC 95 %]
Sein (C50)	11	1,38 [0,76-2,50]	11	1,75 [0,96-3,17]	6	<b>2,82 [1,26-6,29]</b>	0,81 [0,44-1,49]	1,03 [0,56-1,89]	1,61 [0,71-3,62]
<b>Total</b>	28	1,10 [0,76-1,60]	24	1,35 [0,90-2,00]	6	0,90 [0,41-2,02]	0,78 [0,54-1,15]	0,93 [0,62-1,40]	0,63 [0,28-1,40]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées

#### 4.2.2.1.8 MISE A JOUR DES RESULTATS AVEC LES DONNEES DE 2017

Les données d'incidence des cancers ont été mises à jour après la publication scientifique réalisée, avec une nouvelle date de point au 31 décembre 2017 (2015 pour le Bas-Rhin). Par rapport à 2015, 110 cancers supplémentaires ont été recensés chez les hommes (n=498) et 13 chez les femmes (n=71). Nous avons donc regardé si les résultats étaient modifiés avec une durée plus longue de suivi.

**TABLEAU 44:** RISQUES DE CANCERS CHEZ LES HOMMES TRAVAILLANT EN ESPACES VERTS VS LES AGRICULTEURS ET LES NON-AGRICOLIS. MISE A JOUR DES RESULTATS AVEC LES DONNEES DE 2017, COHORTE AGRICAN

	Hommes		
	vs agriculteurs		vs non-agricoles
	n	HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Cavité buccale et pharynx (C00-14)	16	1,32 [0,80-2,21]	1,21 [0,61-2,05]
Œsophage et pharynx (C15-16)	18	0,98 [0,61-1,58]	1,23 [0,69-2,19]
Colon, rectum et anus (C18-21)	<b>63</b>	<b>1,35 [1,05-1,74]</b>	0,91 [0,68-1,22]
Foie et pancréas (C22-25)	24	0,89 [0,59-1,35]	0,90 [0,56-1,44]
Larynx (C32)	5	1,79 [0,71-4,51]	1,07 [0,37-3,15]
Poumon (C33-34)	37	1,04 [0,75-1,45]	<b>0,65 [0,45-0,94]</b>
Mélanome cutané (C44)	<b>25</b>	<b>2,28 [1,50-3,46]</b>	1,45 [0,87-2,41]
Sein (C50)	3	2,78 [0,82-9,32]	7,22 [0,75-69,39]
Prostate (C61)	<b>170</b>	<b>1,22 [1,05-1,43]</b>	1,04 [0,87-1,24]
Testicule (C62)	<b>6</b>	<b>3,43 [1,32-8,96]</b>	0,98 [0,32-2,99]
Vessie (C67)	17	1,34 [0,82-2,19]	0,62 [0,36-1,06]
Rein	14	0,80 [0,47-1,37]	0,64 [0,35-1,17]
Système nerveux central (C70-72)	5	0,70 [0,29-1,73]	1,51 [0,39-3,37]
Thyroïde (C73)	<b>8</b>	<b>2,81 [1,31-6,03]</b>	1,92 [0,71-5,19]
Lymphome Hodgkinien (C81)	4	2,87 [0,97-8,51]	1,89 [0,46-7,74]
Lymphome non-Hodgkinien <sup>b</sup>	37	1,04 [0,75-1,45]	0,82 [0,56-1,20]
Leucémie (C92)	19	1,38 [0,87-2,20]	1,02 [0,59-1,75]
Sarcome (C46)	5	1,11 [0,45-2,75]	1,46 [0,46-4,63]
Autre cancer	22	1,37 [0,89-2,10]	1,08 [0,65-1,80]
<b>Total<sup>c</sup></b>	<b>498</b>	<b>1,22 [1,12-1,34]</b>	0,95 [0,86-1,06]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les hommes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées.

Le **Tableau 44** ci-dessus présente les résultats pour les hommes. En comparaison aux agriculteurs, le risque de cancer de larynx a diminué par rapport aux données de 2015 passant de HR=2,17 [0,85-5,52] à HR=1,79 [0,71-4,51] (5 cas), ainsi que pour les sarcomes



(respectivement HR=1.64 [0,65-4,10] et HR=1,11 [0,45-2,75], 5 cas). Le risque de leucémie a augmenté et se rapproche de la significativité (passant de HR=1,07 [0,60-1,91], 12 cas à HR=1.38 [0.87-2.20], 19 cas), ainsi que les lymphomes Hodgkiniens (passe de HR=1,34 [0,31-5,79], 2 cas à HR=2.87 [0.97-8.51], 4 cas), le cancer de la cavité buccale et du pharynx (passe de HR=0,86 [0,44-1,68], 9 cas à HR=1.32 [0.80-2.21], 16 cas) et le cancer de l'œsophage et de l'estomac (passe de HR=0,92 [0,54-1,57], 14 cas à HR=1.23 [0.69-2.19], 18 cas). De plus, l'excès de risque pour le cancer colorectal initialement observé devient significatif (HR=1,35 [1,05-1,74], 63 cas). En comparaison aux non-agricoles, on observe une diminution du risque de sarcomes (passe de HR=2,57 [0,68-9,64], 5 cas à HR=1,46 [0,46-4,63], 5 cas) et cancer du larynx (passe de HR=1,51 [0,48-4,78], 5 cas à HR=1,07 [0,37-3,15], 5 cas); et une augmentation du risque de lymphomes Hodgkiniens (passe de HR=1,34 [0,31-5,79], 2 cas à HR=1.89 [0.46-7.74], 4 cas) et cancer de la cavité buccale et du pharynx (passe de HR=0,85 [0,39-1,83], 9 cas à HR=1.21 [0.61-2.05], 16 cas)

Les **Figure 35** et **Figure 36** montrent l'évolution des hazard ratios entre 2015 et 2017 chez les hommes.

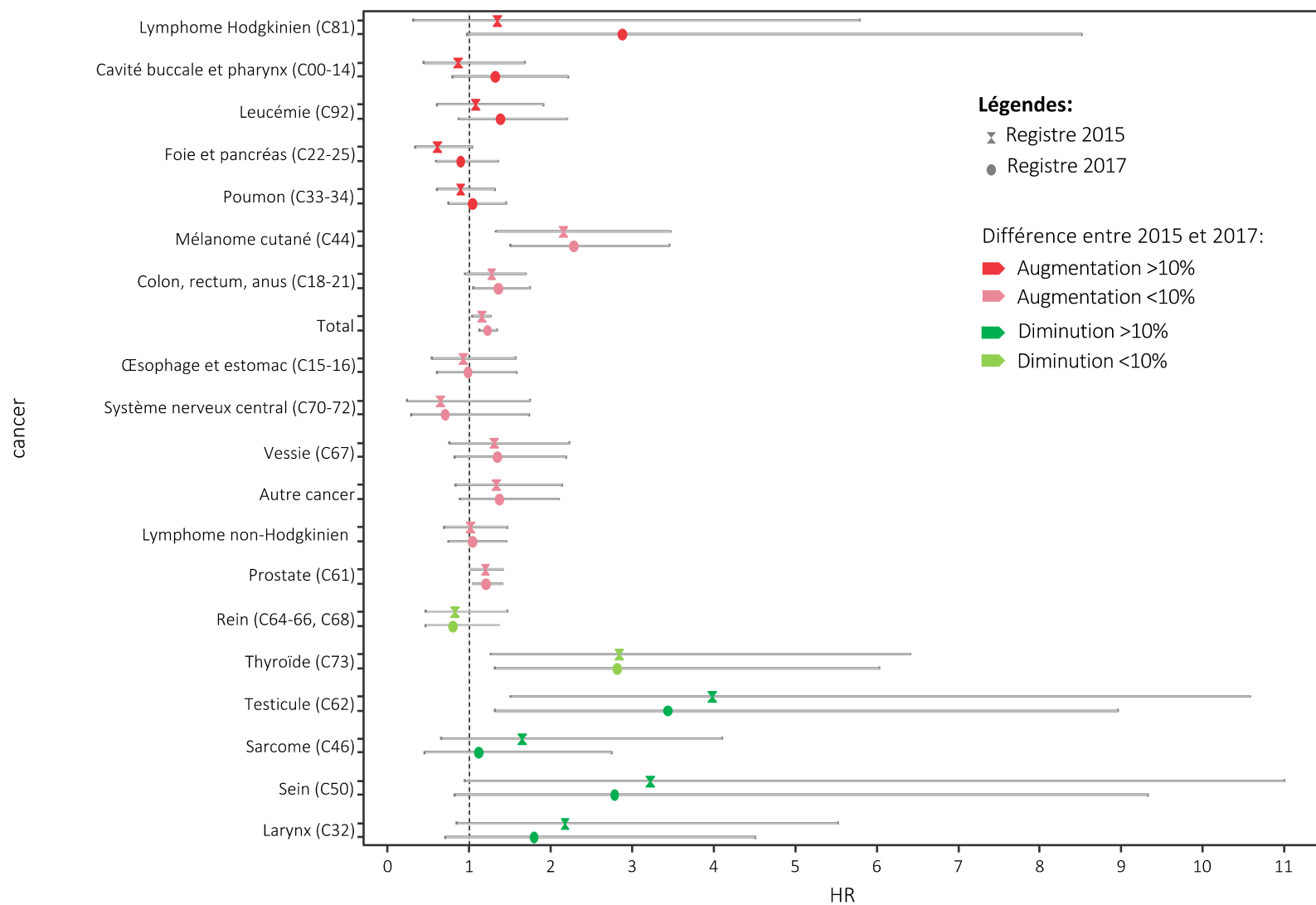
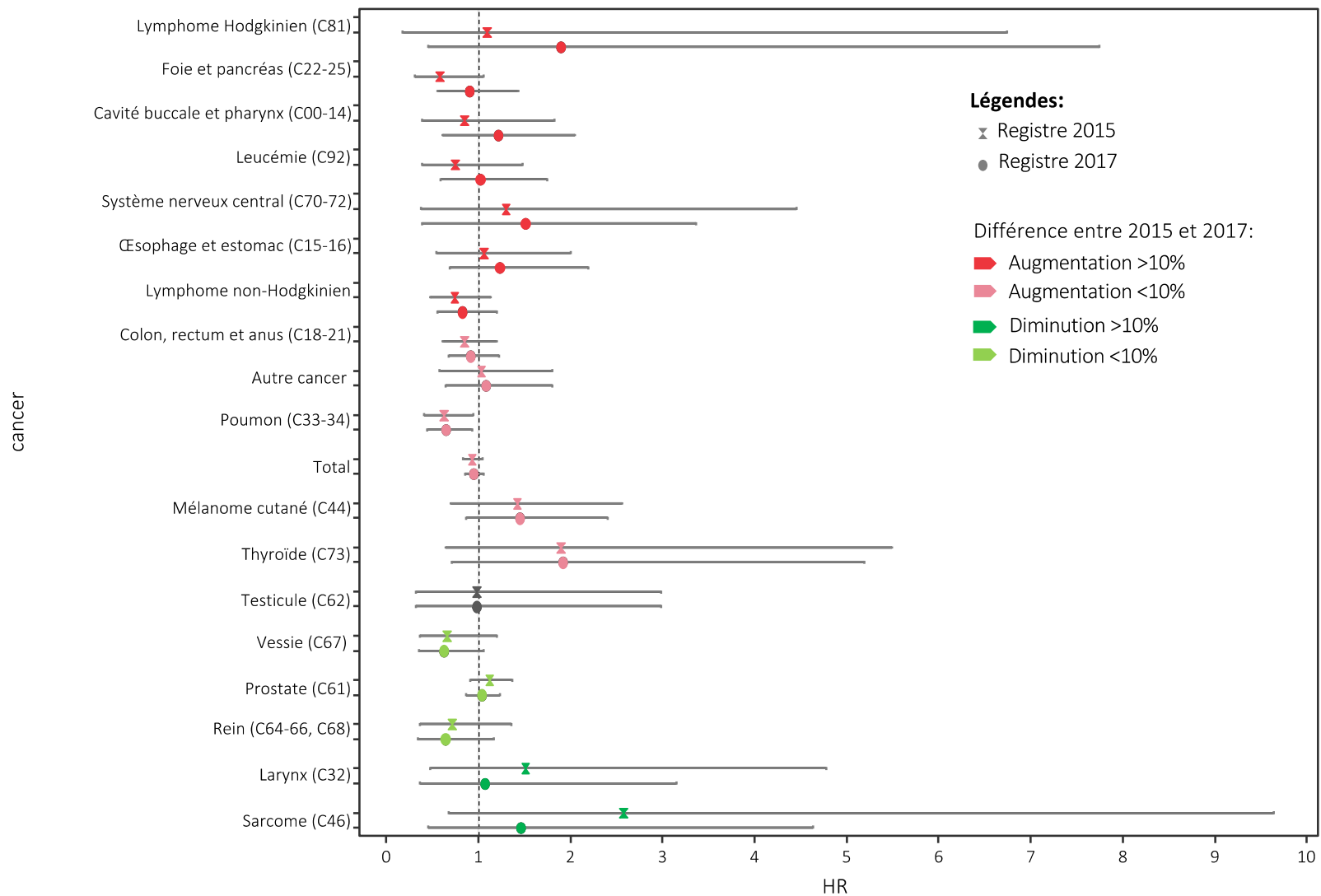


FIGURE 35: ÉVOLUTION DU RISQUE DE CANCERS ENTRE 2015 ET 2017 CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS AVEC LES AGRICULTEURS PRIS COMME REFERENCE. COHORTE AGRICAN



**FIGURE 36:** COMPARAISON DE L'INCIDENCE DES CANCERS ENTRE 2015 ET 2017 CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS. COMPARAISON AVEC LES NON-AGRICOLLES. COHORTE AGRICAN

Chez les femmes le risque de cancer du sein était toujours plus important chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux agricultrices, mais la force de l'association a légèrement diminué passant de HR=1,71 [1,17-2,50] (28 cas) à HR=1,46 [1,01-2,11] (29 cas) (**Tableau 45**). Des résultats comparables étaient observés dans la comparaison avec les non-agricoles : le risque de cancer du sein passait de HR=1,00 [0,68-1,48] à HR=0.85 [0.58-1.24]) et les mélanomes cutanés de HR=1,19 [0,42-3,40] à HR=0.93 [0.33-2.62] (4 cas respectivement).

**TABLEAU 45:** RISQUES DE CANCER CHEZ LES FEMMES TRAVAILLANT EN ESPACES VERTS VS LES AGRICULTEURS ET LES NON-AGRICOLES. MISE A JOUR DES RESULTATS AVEC LES DONNEES DE 2017, COHORTE AGRICAN

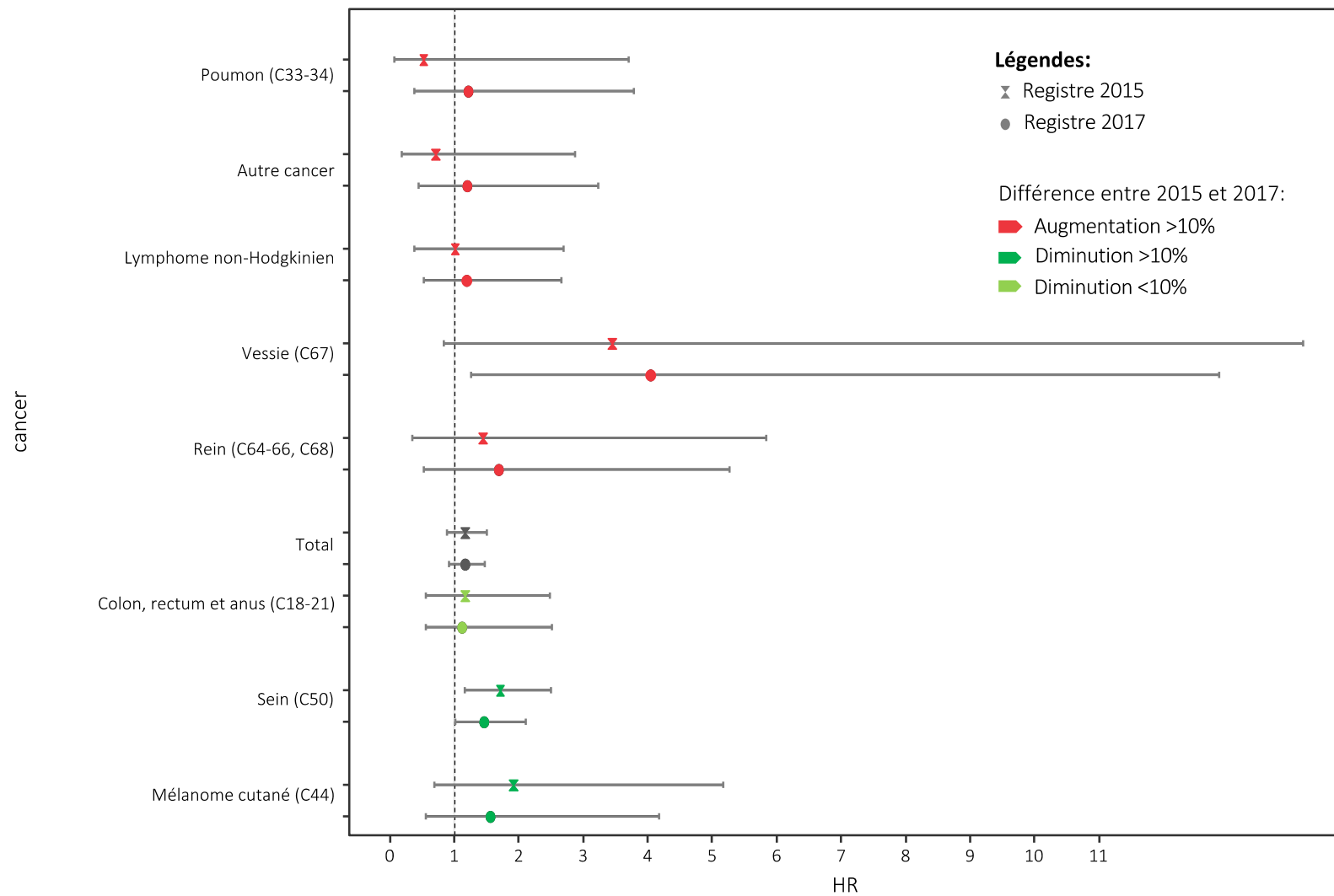
	Femmes		
	n	vs agricultrices	vs non-agricoles
		HR <sup>a</sup> brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
Œsophage et estomac (C15-16)	2	1,33 [0,33-5,39]	1,50 [0,33-6,77]
Colon, rectum et anus (C18-21)	8	1,12 [0,56-2,52]	0,79 [0,38-1,65]
Foie et pancréas (C22-25)	1	0,32 [0,04-2,27]	0,22 [0,03-1,59]
Poumon (C33-34)	3	1,21 [0,38-3,79]	0,89 [0,27-2,94]
Mélanome cutané (C44)	4	1,55 [0,57-4,18]	0,93 [0,33-2,62]
Sein (C50)	29	<b>1,46 [1,01-2,11]</b>	0,85 [0,58-1,24]
Col et corps utérus et ovaire (C53-57)	6	0,99 [0,44-2,22]	0,69 [0,30-1,59]
Vessie	3	<b>4,04 [1,27-12,86]</b>	<b>7,05 [1,42-35,04]</b>
Rein	3	1,68 [0,53-5,27]	1,75 [0,50-6,11]
Thyroïde (C73)	2	0,82 [0,20-3,33]	0,61 [0,15-2,58]
Lymphome non-Hodgkinien <sup>b</sup>	6	1,19 [0,53-2,66]	0,98 [0,42-2,30]
Autre cancer	4	1,2 [0,45-3,23]	1,34 [0,46-3,90]
<b>Total<sup>c</sup></b>	71	1,16 [0,92-1,47]	0,82 [0,64-1,04]

<sup>a</sup> Hazard Ratio (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

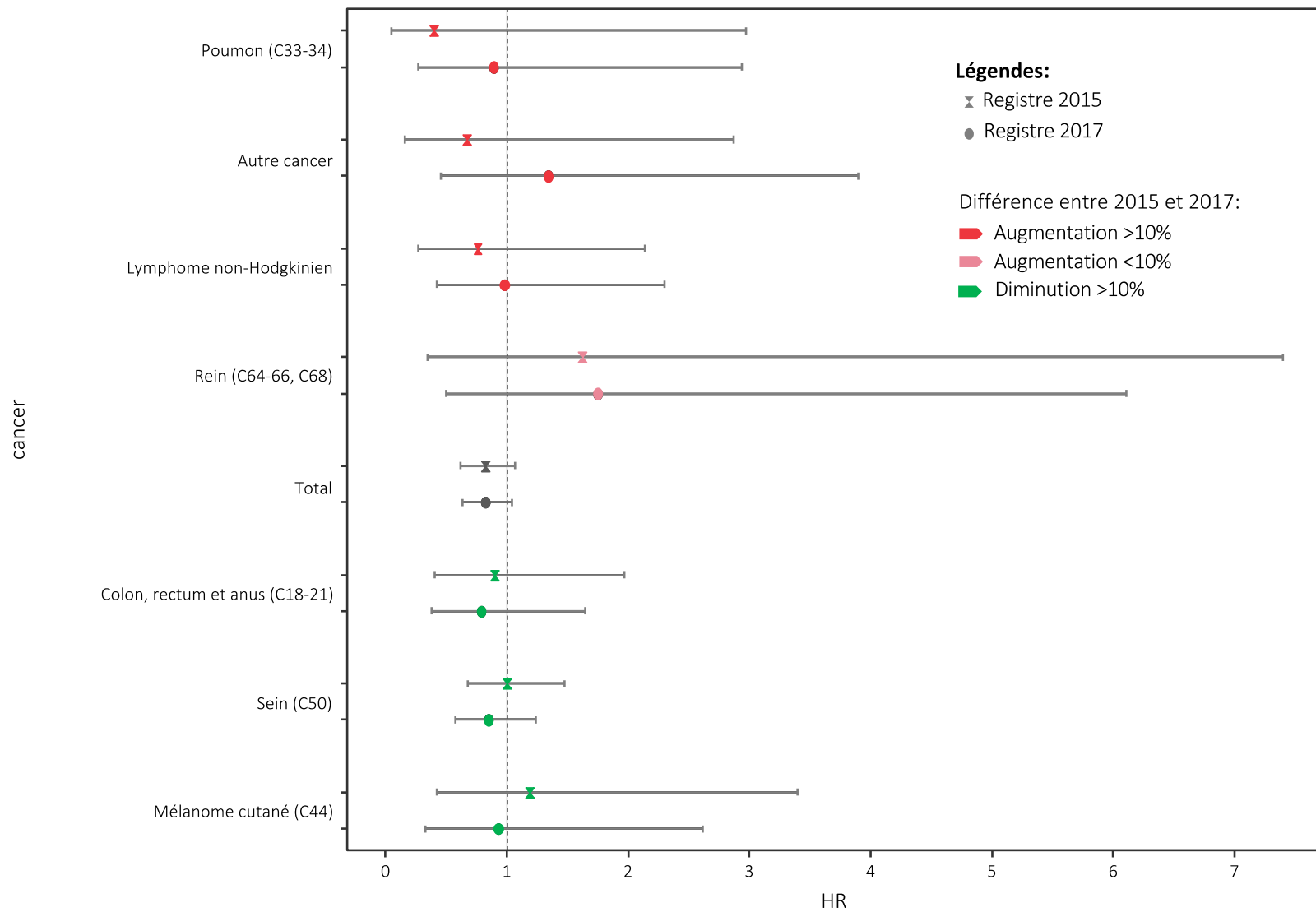
<sup>b</sup> Sont inclus les myélomes multiples

<sup>c</sup> Total des cancers chez les femmes. Seules les localisations de cancer avec plus de 3 cas sont montrées

Les **Figure 37** et **Figure 38** montrent l'évolution des hasards ratios entre 2015 et 2017 chez les femmes.



**FIGURE 37:** COMPARAISON DE L'INCIDENCE DES CANCERS ENTRE 2015 ET 2017 CHEZ LES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS. COMPARAISON AVEC LES AGRICULTEURS. COHORTE AGRICAN



**FIGURE 38:** COMPARAISON DE L'INCIDENCE DES CANCERS ENTRE 2015 ET 2017 CHEZ LES TRAVAILLEUSES EN ESPACES VERTS. COMPARAISON AVEC LES NON-AGRICOLEES. COHORTE AGRICAN

## 4.2.3 DISCUSSION

### 4.2.3.1 RESULTATS PRINCIPAUX

Au sein d'AgriCan, une sous-cohorte de travailleurs en espaces verts a pu être constituée, comportant trois sous-catégories : jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes. Elle a permis de mettre en évidence des tendances spécifiques concernant la mortalité et l'incidence des cancers. Par comparaison aux agriculteurs et travailleurs non agricoles, ont été observées des différences pour certaines maladies déclarées à l'inclusion et de mortalité et de morbidité sur une période de suivi de 10 ans. Les travailleurs en espaces verts, hommes ou femmes, ont déclaré davantage de maladies allergiques et de dépression à l'inclusion par rapport aux deux autres groupes de référence. La mortalité globale était comparable entre les groupes, mais la mortalité par cardiopathies ischémiques était supérieure chez les travailleurs en espaces verts par comparaison avec les agriculteurs; et la mortalité par cancer, maladies du système respiratoire et causes externes était inférieure par rapport aux non-agricoles. Concernant l'incidence des cancers, les analyses ont montré que les travailleurs masculins en espaces verts avaient un risque global plus élevé que les agriculteurs et plus particulièrement pour les cancers de la prostate, du testicule, de la thyroïde et le mélanome cutané. Chez les femmes, un excès de cancer du sein a été observé chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux agricultrices. Ces résultats étaient dans l'ensemble, les mêmes dans les différentes analyses de sensibilité.

### 4.2.3.2 FORCES ET LIMITES DE L'ETUDE

La cohorte AgriCan nous a permis d'étudier un large échantillon de travailleurs en espaces verts et dépasse ainsi les effectifs des deux cohortes prospectives spécifiques publiées à ce jour dans les pays scandinaves (Asp et al., 1994a; Hansen et al., 2007, 1992; Riihimäki et al., 1982). Cependant, à ce stade de la cohorte, le nombre de cas restait limité pour les maladies peu fréquentes, ou lorsque les analyses étaient centrées sur les femmes ou sur les sous-groupes de travailleurs en espaces verts.

La sélection des travailleurs en espaces verts a été délicate, car la cohorte AgriCan n'avait pas été élaborée pour ces travailleurs en particulier. Lorsqu'il était bien rempli, le calendrier professionnel était la source d'information la plus complète avec l'emploi, sa durée et le type d'activité réalisée. Cependant, l'identification des différents libellés pertinents était longue et fastidieuse. Bien que réalisée en double lecture, il est possible que certains libellés pertinents et donc certains individus aient pu échapper à la sélection. Pour les pépiniéristes,

nous avons choisi d'exclure ceux mentionnant des pépinières viticole ou forestière. Lorsqu'aucune mention n'était indiquée, les individus étaient sélectionnés. Nous ne pouvons écarter que parmi ces individus, certains ne soient pas spécialisés dans la culture ornementale. Concernant les horticulteurs, en plus du calendrier professionnel, leur sélection a été réalisée à l'aide de la question « autres cultures » où les individus pouvaient apporter des précisions. Une recherche des mots-clés relatifs à la culture florale a donc été entreprise, mais ici aussi nous ne pouvons écarter le risque d'avoir réalisé une sélection incomplète. Cependant, nous avons accordé une attention particulière au croisement des différentes sources de données (calendriers professionnels et questions spécifiques) afin de vérifier la cohérence des réponses et de constituer les sous-groupes de travailleurs (jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes). Dans la plupart des études identifiées dans la littérature, la définition des emplois était le plus souvent partielle, voire incomplète, ce qui pouvait conduire à des erreurs de classement (de Graaf et al., 2022a). De plus, dans cette analyse, une vérification de tous les individus sélectionnés au final a été réalisée et a permis de consolider notre sélection. Il y a donc davantage de risque d'avoir laissé, dans le groupe des « agriculteurs », des travailleurs en espaces verts que d'avoir intégré au groupe des « travailleurs en espaces verts », des individus n'appartenant pas à ce secteur. Le critère principal d'inclusion dans la cohorte Agrican était l'affiliation à la MSA pendant au moins trois ans. Les horticulteurs et pépiniéristes relèvent le plus souvent de ce régime et ceux inclus dans la cohorte ont donc de fortes chances d'être représentatifs de l'ensemble de ces professionnels. D'autres professionnels comme les jardiniers, employés communaux, agents d'entretien des terrains de sport et de golf, voies ferrées ne cotisent pas tous à la MSA. Ils peuvent en effet dépendre du régime général pour les autoentrepreneurs ou encore pour les employés de la fonction publique. Ainsi, les travailleurs en espaces verts inclus dans Agrican sont ceux ayant le plus de chance d'avoir une expérience en agriculture et ne sont donc pas nécessairement représentatifs de tous les professionnels du secteur en France.

Concernant la collecte des données de santé, nous avons bénéficié de plusieurs sources validées et exhaustives à savoir les certificats de décès et registres des cancers. Pour les antécédents de maladies autodéclarées, bien que le questionnaire stipulât que le diagnostic devait être posé par un médecin, des biais de mémorisation ou de prévarication ne peuvent être complètement écartés. Le recueil des données de cancer soit basé sur une source d'information valide (registres), l'accès au soin peut néanmoins différer d'un département à l'autre, ou d'une zone à l'autre (rurale *versus* urbaine). C'est pourquoi nous ne pouvons exclure l'influence de ces différences d'accès aux soins sur les résultats obtenus pour les différents groupes.

Parce que la cohorte Agrican a été initialement élaborée pour les agriculteurs, une seule question nous a permis de déterminer si les travailleurs en espaces verts utilisaient oui ou non,



des pesticides dans des usages professionnels. Aucune information sur les tâches effectuées, le type de pesticide, de matériel ou d'équipement de protection utilisés n'était donc disponible. À ce stade, nous ne pouvons donc fournir des résultats pour des tâches spécifiques ou des matières actives en particulier.

Dans cette première analyse, nous n'avons pas exploré d'hypothèse en particulier qui pourraient expliquer les différences observées. Cependant, nous avons mis en évidence le rôle capital du groupe de référence dans l'expression des risques. C'est pourquoi les travailleurs en espaces verts ont été comparés avec deux groupes de travailleurs : les agriculteurs et les non-agricoles. Le choix de ces groupes de comparaison provenait d'une double réflexion : la comparaison avec les non-agricoles permettait de s'affranchir de toute exposition professionnelle comparable pouvant amoindrir la force de nos associations (notamment les pesticides), tandis que la comparaison avec la population agricole permettait de disposer d'un groupe de comparaison plus proche en termes de caractéristiques sociodémographiques. Cependant, à l'instar de la majorité des autres études réalisées chez ces travailleurs, plus de la moitié des travailleurs en espaces verts ont également travaillé dans le secteur agricole durant leur parcours professionnel. C'est la raison pour laquelle des analyses de sensibilité excluant les travailleurs en espaces verts ayant eu un tel parcours ont été menées.

#### 4.2.3.3 VALIDITE EXTERNE

La prévalence élevée d'antécédents de maladies allergiques chez les travailleurs en espaces verts (8,6 %) est en accord avec la littérature. Dans une étude conduite au Danemark, Espagne, Suisse et Allemagne, la prévalence d'asthme était supérieure chez les travailleurs en floriculture et plantes ornementales en comparaison d'autres cultures (Monsó et al., 2002). La présence d'asthme peut s'expliquer par la sensibilisation à des allergènes propres aux fleurs et/ou par la présence de moisissures contaminant l'air dans les serres. Cette hypothèse a d'ailleurs été vérifiée par des tests d'allergies (tests cutanés de sensibilisation à des plantes ornementales) : la prévalence de tests positifs était bien supérieure chez les travailleurs en floriculture par rapport au reste de la population (52 % *versus* 17 %) (Goldberg et al., 1998). La forte prévalence d'eczéma a également été observée chez des jardiniers et travailleurs sous serres au Danemark (19 %) (Paulsen et al., 1997). Dans les analyses de sensibilité stratifiée sur l'élevage ou la culture, les travailleurs en espaces verts étaient toujours plus à risque de maladies allergiques. Cette association était d'ailleurs plus forte lorsqu'ils étaient comparés aux agriculteurs n'ayant fait que de l'élevage, ce qui va dans le sens d'un potentiel effet protecteur d'une exposition au bétail sur les rhinites allergiques et l'eczéma chez les hommes, et sur l'asthme et la bronchite chez les femmes. Ces résultats sont en accord avec de précédentes

études conduites dans Agrican où l'asthme était fréquent chez les agriculteurs exposés à différentes cultures (arboriculture, vigne, serres et prairies) et non chez les agriculteurs ne travaillant qu'en élevage (Baldi et al., 2014b). Une enfance à la ferme était également identifiée comme facteur protecteur contre les allergies. Or, dans notre étude, une telle association n'a pas été retrouvée pour les travailleurs en espaces verts.

Nous avons identifié une prévalence de dépression supérieure chez les travailleurs en espaces verts par rapport aux agriculteurs et travailleurs non agricoles. Bien que de nombreuses études sur la santé mentale aient été conduites chez les agriculteurs, peu se sont intéressées aux travailleurs en espaces verts en particulier. Deux études cas-témoins ont analysé le risque de suicide chez des applicateurs de pesticides (MacFarlane et al., 2011; Stallones, 2006). De façon générale, les travailleurs exposés aux pesticides étaient plus à risque de suicide (Stallones, 2006), mais les jardiniers, horticulteurs et pépiniéristes présentaient un risque diminué (MacFarlane et al., 2011).

Concernant la mortalité globale et par maladies cardiovasculaires, nos résultats diffèrent avec la littérature. La plupart des études ayant montré des risques inférieurs pour les travailleurs en espaces verts par rapport à la population générale (Asp et al., 1994; Fleming et al., 1999; Littorin et al., 1993; Riihimäki et al., 1982; Swaen et al., 2004, 1992; Zahm, 1997). Une étude conduite auprès d'employés de terrains de golf a néanmoins trouvé des résultats analogues aux nôtres (Kross et al., 1996). La faible mortalité par maladies du système respiratoire et par cancer chez les travailleurs en espaces verts est en accord avec la littérature (Fleming et al., 1999; Littorin et al., 1993; Swaen et al., 2004, 1992; Zahm, 1997).

La prévalence de fumeurs était supérieure chez les travailleurs en espaces verts par rapport aux deux autres groupes de comparaison et aurait donc dû augmenter la prévalence de maladies causées par le tabac. Or, cela n'était pas visible dans nos résultats, à cette étape de l'analyse de la cohorte. On peut supposer que l'activité physique, importante chez les travailleurs en espaces verts, peut agir comme un facteur de protection contre les maladies cardiovasculaires et respiratoires. Des recherches complémentaires devront être menées pour expliquer ce résultat. Il est également possible que le vieillissement de la cohorte amène d'autres résultats concernant les maladies associées au tabagisme.

Les résultats sur l'incidence des cancers sont en accord avec d'autres études qui ont démontré des risques augmentés de mélanomes cutanés (Gallagher et al., 1986; Littorin et al., 1993; Marehbian et al., 2007; Pérez-Gómez et al., 2005; Swaen et al., 2004), cancer de la prostate (Fleming et al., 1999; Kross et al., 1996), du colon, rectum et anus (Zhong and Rafnsson, 1996), du testicule (Fleming et al., 1999b) et des sarcomes (Hansen et al., 2007, 1992; Wingren et al., 1990) chez les travailleurs en espaces verts par rapport à la population générale.

Cependant, à notre connaissance, notre étude est la première à montrer que les travailleurs en espaces verts sont plus à risque pour ces cancers que les agriculteurs.

À l’instar des agriculteurs, les travailleurs en espaces verts sont exposés à de nombreuses substances chimiques dont les pesticides, solvants, gaz d’échappement des moteurs diesels et essences, poussières organiques et inorganiques, etc. Du fait de la grande variété des expositions, estimer l’intensité et la durée de chacune au cours de la vie, et son impact sur la santé est une tâche difficile. Concernant les expositions aux pesticides et leurs effets sur la santé des travailleurs, de nombreuses études menées chez les agriculteurs ont montré des risques élevés pour certains cancers, notamment celui de la prostate (Krstev and Knutsson, 2019; Lewis-Mikhael et al., 2017; Van Maele-Fabry, 2003; Van Maele-Fabry and Willems, 2004). Au sein de la cohorte Agrican, des associations ont été démontrées avec l’élevage bovin, la culture de pommes de terre, de tabac et la prairie (Lemarchand et al., 2016). Cependant, l’influence de pesticides en particulier sur le risque de cancer de la prostate n’a pas été explorée dans ces analyses. D’autres études ont toutefois montré des associations avec des expositions aux herbicides (Krstev and Knutsson, 2019; Morrison et al., 1992; Silva et al., 2016). Or, ils sont très largement utilisés sur les gazons (Baris et al., 2010; Braman et al., 1997; Kross et al., 1996), installations et établissements publics (Benbrook, 2016; Fogliatto et al., 2020) et terrains de sport (Gilden et al., 2012). En France, en 2000, la vente d’herbicides représentait 87 % des produits vendus (en tonnes) pour les espaces verts (contre 33 % en agriculture) (Miquel, 2003).

Dans notre étude, les horticulteurs présentaient le risque de cancer de la prostate le plus élevé par rapport aux non-agricoles, ce qui peut suggérer des spécificités d’exposition dans cette profession. Par comparaison avec les jardiniers, les horticulteurs sont plus susceptibles d’utiliser des insecticides et fongicides que des herbicides (*Agricultural Chemical Usage—Nursery and Floriculture*, 2011). Des associations entre l’exposition aux insecticides organochlorés et la survenue de cancer de la prostate ont été suggérées à plusieurs reprises (Mills and Yang, 2003; Xu et al., 2010). Un effet semblable aux œstrogènes pourrait expliquer leur implication dans le développement de cancers hormonodépendants (Xu et al., 2010).

Malgré un nombre limité d’études, l’excès de risque de cancer du testicule identifié dans notre étude est en accord avec deux études menées en agriculture (Frost et al., 2011; Lerro et al., 2019).

Concernant le mélanome cutané, nous avons observé un risque plus élevé pour les travailleurs en espaces verts que pour les agriculteurs et plus particulièrement pour les horticulteurs. Ce risque a déjà été observé chez les travailleurs exposés aux pesticides (Stanganelli et al., 2020), et notamment chez ceux exposés au glyphosate et aux fongicides

(Fortes et al., 2016). Cette association s'est révélée d'autant plus importante lorsque combinée à une exposition aux UV solaires (Fortes et al., 2016). En effet, l'exposition cutanée représente la principale voie d'exposition aux pesticides chez les travailleurs, et une exposition au soleil aurait pour conséquence d'augmenter la chaleur corporelle et donc la circulation sanguine et la transpiration, facilitant ainsi l'absorption transcutanée aux pesticides. Concernant d'autres facteurs de risque pour ce cancer, le phototype, le nombre de grains de beauté, les antécédents familiaux de cancers cutanés, la sensibilité au soleil et aux UV, les coups de soleil dans la petite enfance sont connus de la littérature. Toutefois, il a été démontré qu'une exposition chronique au soleil pouvait réduire le risque chez les travailleurs en extérieur. L'exposition chronique et intermittente au soleil ne semble donc pas agir de la même manière sur le risque de cancer cutané (Stanganelli et al., 2020). Caractériser et quantifier l'exposition aux UV solaires au cours de la vie et notamment dans l'enfance est donc primordial pour pouvoir prendre en compte ce facteur dans de futures analyses.

À notre connaissance, cette étude est la première à montrer une augmentation de risque du cancer de la thyroïde chez les travailleurs en espaces verts. Néanmoins, ce risque a déjà été observé chez des agriculteurs exposés aux pesticides (Aschebrook-Kilfoy et al., 2014; Brasil et al., 2018) et plus particulièrement aux herbicides (Han et al., 2019).

Bien que basé sur un nombre limité de cas (cinq), un risque non significatif de cancer du larynx a été observé chez les travailleurs en espaces verts de la cohorte. Étant donné la forte prévalence de fumeurs au sein de cette population et le rôle connu du tabac sur le cancer du larynx, il était primordial de prendre en compte ce facteur. Or, dans nos analyses, l'ajustement sur le tabac ne modifiait pas cette association. Dans les analyses de sensibilité restreintes aux non-fumeurs, le nombre de cas de cancers du larynx n'était pas suffisant pour estimer un risque. L'ajustement sur les habitudes de consommation d'alcool, un autre facteur de risque connu (Hashibe et al., 2009), a été testé et n'a pas changé l'association. D'autres expositions professionnelles telles que l'amiante, les hydrocarbures polycycliques et les gaz d'échappement de moteurs sont également suspectés d'augmenter le risque de cancer du larynx (Paget-Bailly et al., 2012), mais n'ont pu être pris en compte dans nos analyses.

Concernant le risque de tumeurs du système nerveux central, les analyses reposent sur un nombre limité de cas (N=4) chez les travailleurs en espaces verts. Ces derniers semblent plus à risque que la population générale, mais de façon non significative. D'autres études ont également trouvé des augmentations de risque chez les employés de terrains de golf (Kross et al., 1996) et les travailleurs en espaces verts en général (Baldi et al., 2021). Dans cette dernière étude, le risque était d'autant plus important pour ceux directement exposés aux pesticides, et ce, depuis plus de 10 ans (Baldi et al., 2021).

Bien que les effectifs chez les femmes soient limités, une augmentation significative du risque de cancer du sein a été mise en évidence chez les travailleuses en espaces verts par rapport aux agricultrices. Ce risque semble d'autant plus prononcé chez les pépiniéristes d'ornement, ce qui n'était pas le cas dans une précédente étude menée dans les pays scandinaves (Katuwal et al., 2018). Dans les analyses de sensibilité restreinte aux non-fumeuses, le risque était toujours significativement plus élevé chez les travailleuses en espaces verts, écartant ainsi le tabac comme potentiel facteur de confusion.

#### **4.2.4 CONCLUSION**

Dans la littérature épidémiologique existante, les travailleurs en espaces verts ont le plus souvent été combinés avec d'autres applicateurs de pesticides tels que les agriculteurs. Or, ces analyses démontrent les différences notables entre ces deux populations en termes de caractéristiques sociodémographiques, habitudes de vie, antécédents médicaux, mortalité et incidence des cancers. Une meilleure caractérisation des expositions aux pesticides (matières actives, matériel d'application, équipement de protection, environnement de travail, etc.) et à d'autres substances (poussières de bois, gaz d'échappement, silice, etc.) est nécessaire pour comprendre les différences observées avec les agriculteurs.

## 4.3 ASSOCIATION ENTRE L'INCIDENCE DU CANCER DE LA PROSTATE ET DU SEIN ET L'EXPOSITION AUX PYRETHRINOÏDES

### 4.3.1 CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Dans la littérature portant sur la santé des travailleurs, peu d'analyses ont considéré le rôle de pesticides individuels dans la survenue de cancers. Même pour les travailleurs agricoles, de telles analyses sont peu nombreuses : elles ont été principalement menées dans l'Agricultural Health Study (AHS), pour 50 molécules ciblées par rapport à leurs usages dans le contexte d'Iowa et Caroline du Nord. Dans le cadre de la cohorte Agrican, les premières analyses croisant les données d'exposition individuelles aux carbamates et le risque de tumeurs du système nerveux central ont été menées à l'aide de la matrice cultures-expositions Pestimat (Piel et al., 2019a, 2019b). Cette dernière fournit les probabilités d'exposition par matière active pour une culture et une année donnée depuis les années 50 en France. Ces probabilités ont ainsi pu être croisées avec les dates d'utilisation de pesticides mentionnées dans le questionnaire d'inclusion pour déterminer une exposition individuelle pour chacune des matières actives. Cette démarche a notamment l'avantage de s'affranchir de la mémoire des participants et permet d'étudier un grand nombre de matières actives.

La revue de la littérature sur les risques de cancers chez les travailleurs en espaces verts a mis en évidence d'importantes lacunes dans l'estimation des expositions aux pesticides (paragraphe 2.3 page 98). À ce jour, aucune étude n'a été en mesure d'étudier l'association entre l'exposition individuelle à une famille de pesticides et le risque de cancers dans cette population. Les analyses réalisées chez les travailleurs en espaces verts inclus dans la cohorte Agrican ont mis en exergue des incidences élevées de cancer de la prostate, du testicule, de la thyroïde, des mélanomes cutanés et du cancer du sein. Il apparaît donc pertinent d'explorer des matières actives qui pourraient expliquer ces résultats.

Dans les analyses qui vont suivre, nous avons voulu illustrer, à l'aide d'un exemple, la façon dont les données de la matrice Pestimat pourront être utilisées dans la sous-cohorte des travailleurs en espaces verts. Les effectifs étant limités, nous nous sommes concentrés sur les cancers présentant le plus grand nombre de cas, à savoir le cancer de la prostate chez les hommes et le cancer du sein chez les femmes. Ces deux cancers étant des pathologies tumorales hormono-dépendantes, nous nous sommes interrogés sur les pesticides recensés dans la matrice Pestimat qui seraient susceptibles d'avoir une action sur le système endocrinien. Dans la littérature, plus d'une centaine de pesticides ont été identifiés à ce jour comme pouvant interagir avec les hormones sexuelles masculines et féminines (McKinlay et al., 2008). Parmi ces pesticides, des utilisations en espaces verts ont été identifiées dans la matrice Pestimat. On retrouve notamment les organochlorés, les carbamates et les

pyréthrinoïdes. Nous nous sommes intéressés en particulier à cette dernière famille pour plusieurs raisons. Premièrement, ces molécules sont très largement utilisées en culture ornementale comme le témoigne la matrice Pestimat : 12 matières actives recensées pour cet usage. De plus, bien que définies comme perturbateurs endocriniens, ces molécules ont été finalement peu étudiées en épidémiologie. Présentant une toxicité et une persistance dans l'environnement plus faibles que d'autres insecticides, comme les organochlorés, elles n'ont pas été au centre des préoccupations et leurs usages ont augmenté, notamment suite au retrait progressif des organophosphorés. Cette analyse apportera donc de nouveaux éléments pour comprendre l'impact de ces matières actives sur la survenue de cancers chez les travailleurs des espaces verts.

#### 4.3.1.1 INSECTICIDES PYRETHRINOÏDES

##### 4.3.1.1.1 DESCRIPTION GENERALE ET UTILISATION

Les pyréthrinoïdes sont des molécules analogues synthétiques de la pyrèthrine. Les propriétés insecticides de cette substance naturellement présente dans certaines espèces de chrysanthèmes sont reconnues depuis le XIXe siècle. Il existe six molécules naturelles appelées pyrèthres et plus de 1000 substances synthétiques appelées pyréthrinoïdes et qui sont commercialisées essentiellement depuis la fin des années 1970. Aujourd'hui, une douzaine de molécules de cette famille sont utilisées en espaces verts. De plus, il s'agit de la famille d'insecticides aujourd'hui la plus utilisée tant dans le secteur professionnel (traitement sur les cultures, en élevage, le bois, lutte antivectorielle, etc.) que dans la sphère domestique (traitements des animaux de compagnie, produits anti-poux, antimoustiques, etc.).

Les pyrèthres et les pyréthrinoïdes sont le plus souvent associés dans les produits commerciaux à d'autres molécules synergiques destinées à accroître leur persistance dans les milieux et leur efficacité. Le butoxyde de pipéronyle et le MKG-264 sont les plus couramment employés. Ces molécules peuvent accroître la toxicité des pyréthrinoïdes auxquelles elles sont associées.

Il existe deux grands types de pyréthrinoïdes : les molécules de type I qui ne possèdent pas de fonction cyanure et les molécules de type II qui en possèdent une. Ces dernières sont alors plus photostables et présentent un pouvoir insecticide plus prononcé (Bradberry et al., 2005 ; Sudakin, 2006) (**Tableau 46**). Pour chaque molécule, plusieurs isomères existent et possèdent des propriétés physico-chimiques et insecticides différentes. La plupart des spécialités commerciales sont donc composées de plusieurs isomères.

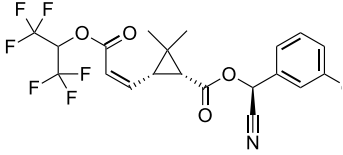
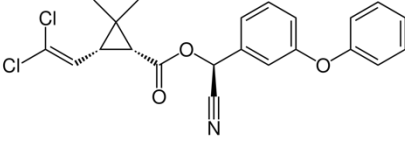
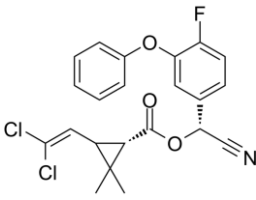
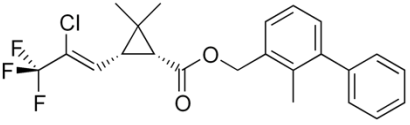
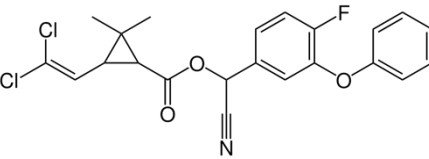
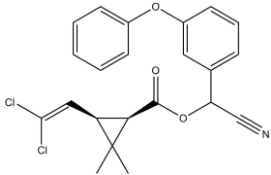
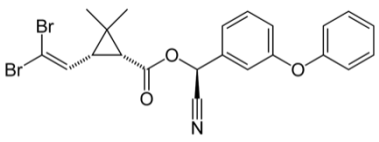
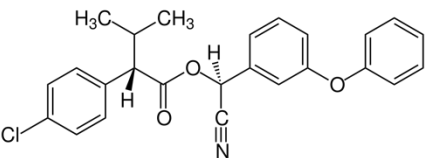
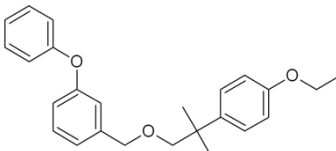
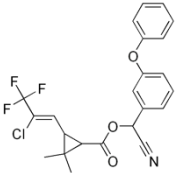
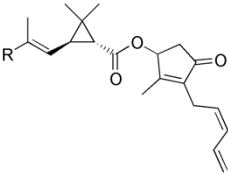
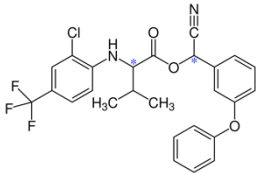
**TABLEAU 46** : CLASSEMENT DES PYRETHRES ET PYRETHRINOÏDES - EN GRAS LES MATIERES ACTIVES INCREMENTEES SUR LES DONNEES DES ESPACES VERTS DANS LA MATRICE PESTIMAT

<b>Pyréthrines</b>	<b>Pyréthri-noïdes de type I</b>	<b>Pyréthri-noïdes de type II</b>
Pyréthrine I	Allethrine	<b>Acrinathrine</b>
Pyréthrine II	<b>Bifenthrine</b>	<b>Alphaméthrine</b>
Cinerin I	<b>Etofenprox</b>	<b>Bétacyfluthrine</b>
Cinerin II	<b>Perméthrine</b>	<b>Cyfluthrine</b>
Jasmolin I	Phénothrine	<b>Lambda-cyhalothrine</b>
Jasmolin II	Resmethrine	<b>Cyperméthrine</b>
	Téfluthrine	<b>Deltaméthrine</b>
	Tétraméthrine	<b>Esfenvalérate</b>
		Fenvalérate
		Fenpropathrine
		Flucythrinate
		<b>Tau-fluvalinate</b>
		Tralométhrine

Dans la matrice Pestimat, les toutes premières utilisations de pyréthri-noïdes en agriculture remontent à 1955 : il s'agissait des pyréthrines utilisées en maraîchage pour les traitements sous serre et sous abri. Dès 1974 apparaissent des molécules synthétiques; la première répertoriée étant la bioesméthrine sur le blé, l'orge et le maraîchage. À partir de cette date, le nombre de matières actives pyrethri-noïdes mises sur le marché n'a cessé d'augmenter jusqu'en 1991 où 16 molécules utilisées en agriculture ont été identifiées. Aujourd'hui, neuf matières actives sont utilisées en agriculture pour le traitement des cultures, des semences, des denrées, des animaux et des bâtiments d'élevage. Concernant les espaces verts, entre les années 1960 et aujourd'hui, douze pyréthri-noïdes ont été recensés en horticulture et six en pépinières (voir paragraphe 3.2.4 page 118) (Tableau 47).



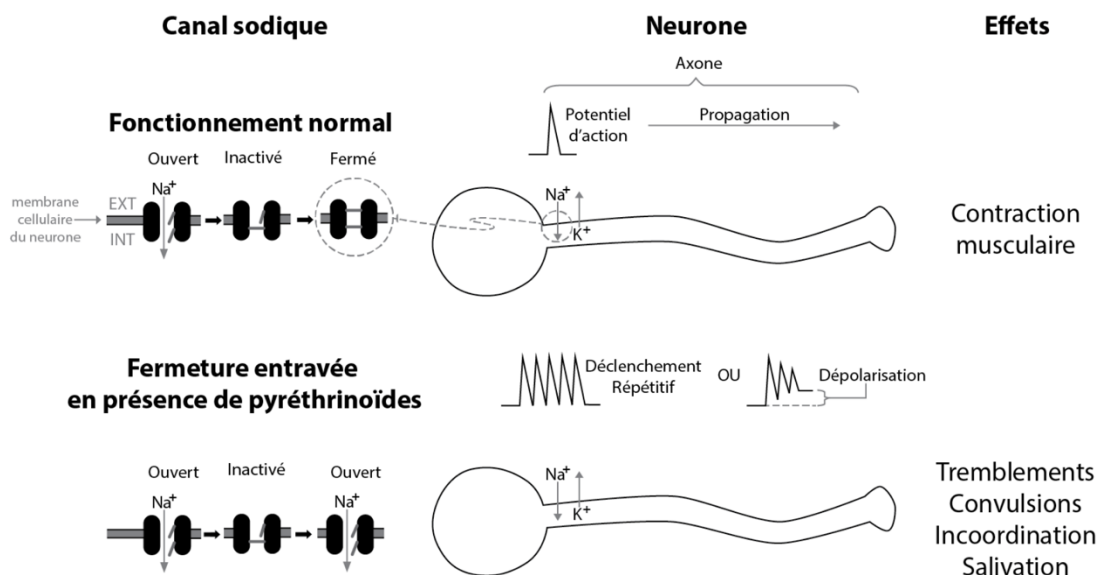
**TABLEAU 47 : FORMULES SEMI-DEVELOPPEES DES 12 INSECTICIDES PYRETHRINOÏDES UTILISES EN ESPACES VERTS - MATRICE PESTIMAT**

Acrinathrine	Alphaméthrine	Bétacyfluthrine
		
Bifenthrine	Cyfluthrine	Cyperméthrine
		
Deltaméthrine	Esfenvalérate	Etofenprox
		
Lambda-cyhalothrine	Pyréthrine	Tau-fluvalinate
		

#### 4.3.1.1.2 MECANISMES D'ACTION

Ces molécules présentent un très large spectre et luttent aussi bien sur les insectes volants que sur les rampants. Elles sont neurotoxiques et agissent au niveau des cellules neuronales en altérant certaines fonctions électrophysiologiques. Elles entraînent une paralysie de l'insecte en se liant aux canaux sodiques voltages-dépendants et en les maintenant ouverts ce qui provoque une hyper excitabilité neuronale. S'en suit une dépolarisation qui

entraîne une paralysie puis la mort de l'insecte (Soderlund, 2010). Le schéma ci-dessous, issu de Hénault-Ethier, 2016, présente le mécanisme d'action au niveau des neurones (**Figure 39**).



**FIGURE 39:** MODE D'ACTION DES INSECTICIDES PYRETHRINOÏDES SUR LES NEURONES - SOURCE : HENAULT-ETHIER, 2016

En plus des mécanismes présentés ci-dessus, les pyréthrinoides de classe II (avec fonction cyanure) entraînent une inhibition de certains récepteurs GABA et des canaux chlorés ce qui renforce l'hyperexcitabilité.

#### 4.3.1.1.3 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES ET METABOLISATION

Les pyréthrinoides de synthèse sont peu volatiles et instables chimiquement. Ils sont notamment sensibles à l'oxydation (particulièrement les molécules de type I). Leur persistance dans l'environnement varie selon les matières actives avec une demi-vie dans les sols allant de 16 jours pour l'étofenprox à 175 pour la lambda-cyhalothrine (Lewis et al., 2016).

Une fois absorbées, ces molécules sont rapidement distribuées, métabolisées et éliminées. Elles sont lipophiles et peuvent donc traverser la membrane cellulaire et se distribuer dans tous les tissus et particulièrement ceux riches en lipides (tissus adipeux, cerveau, glandes mammaires, etc.). Chez la rate, ils ont notamment été retrouvés au niveau des ovaires (Santé Canada, 2020). Le métabolisme est réalisé en deux phases : i) hydrolyse de la liaison ester puis

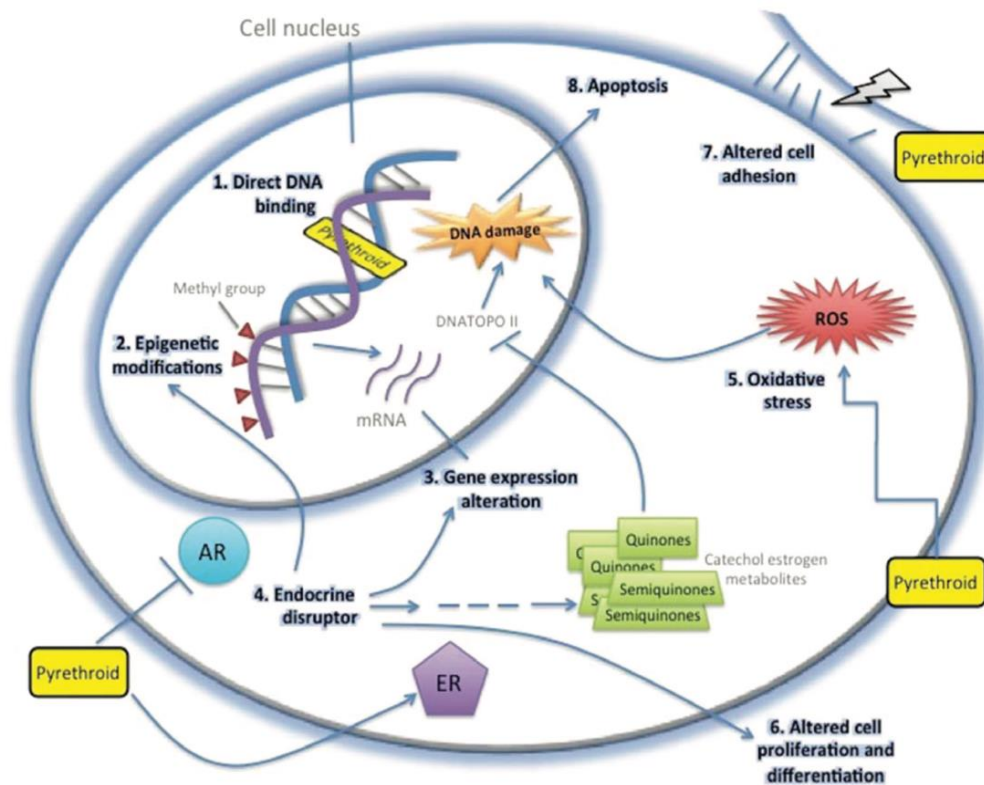
ii) oxydation et/ou conjugaison des métabolites formés. Ces métabolites, qui sont des acides carboxyliques, présentent le plus souvent une faible toxicité et sont éliminés dans les urines, ou dans les selles. Leur demi-vie d'élimination urinaire est estimée entre 6 et 17 heures et l'élimination complète entre 4 et 12 jours.

#### **4.3.1.1.4 ÉTUDES TOXICOLOGIQUES**

La toxicité intrinsèque est très variable selon le type de molécules (type I ou type II) et la nature de l'isomère. Comparativement à d'autres familles d'insecticides tels que les organochlorés ou les organophosphorés, les pyréthriinoïdes sont considérés comme ayant une faible toxicité pour les mammifères du fait de leur rapide métabolisation et élimination. Néanmoins, des études toxicologiques menées chez le rat lors d'administration orale pendant deux ans ont montré une augmentation de l'incidence des adénomes hépatocellulaire et des adénomes folliculaires thyroïdiens (chez les mâles et les femelles) (Schoenig, 1995; US EPA, 1994). Lors d'expositions subchroniques par inhalation, des effets histopathologiques sur la muqueuse laryngée ont été observés chez le rat (US EPA, 1994). Chez la souris, des augmentations de l'incidence de tumeurs bénignes du poumon ont été détectées chez la femelle et des tumeurs bénignes du foie chez les mâles et les femelles (Boffetta and Desai, 2018; Ishmael and Litchfield, 1988).

Des effets sur le système endocrinien et la reproduction ont également été rapportés lors d'études menées sur des modèles animaux. Lors d'administration à faible dose chez le rat, des altérations des organes reproducteurs et des spermatozoïdes ainsi qu'une diminution de la concentration plasmatique en testostérone ont été observées (Young Kim et al., 2005). Lors de l'administration de deltaméthrine chez la rate, la production d'hormones folliculostimulante (FSH) et lutéinisante (LH) a été aussi constatée (Issam et al., 2009). De plus, chez la souris, l'administration de perméthrine entraînait l'altération des tubes séminifères dans les testicules (Zhang et al., 2008). Des effets estrogéniques chez la rate et antiandrogénique chez le rat ont été constatés, mais à fortes doses (Chen et al., 2002a; Issam et al., 2009; Young Kim et al., 2005).

Plusieurs études ont rapporté des altérations biologiques telles que des liaisons à l'ADN pour la perméthrine, la deltaméthrine et la cyperméthrine (Ahmadi and Ghanbari, 2014; Saxena et al., 2005), des modifications épigénétiques pour la perméthrine (Manikkam et al., 2012) et une augmentation du stress oxydatif pour la cyperméthrine notamment (Gabbianelli et al., 2002; Kale et al., 1999; Mignini et al., 2013). La figure issue de la revue de Navarrete-Meneses and Pérez-Vera, 2019 illustre les différentes modifications identifiées au niveau de la cellule (**Figure 40**).



1 : Liaison directe à l'ADN ; 2 : Méthylation de l'ADN et autres modifications épigéniques ; 3 : Altération de l'expression des gènes ; 4 : Perturbations des récepteurs estrogènes et androgènes ; 5 : Production de radicaux libres ; 6 : Altération de la prolifération et différenciation cellulaire ; 7 : Altération de l'adhésion cellulaire ; 8 : Induction de l'apoptose en augmentant les dommages à l'ADN

**FIGURE 40:** EFFETS DES PYRETHRINOÏDES AU NIVEAU CELLULAIRE - SOURCE : NAVARRETE-MENESES AND PEREZ-VERA, 2019

#### 4.3.1.1.5 ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES

Peu d'études d'épidémiologie ont été menées sur les effets des pyréthrinoïdes sur le risque de cancer, tant en population générale qu'auprès de professionnels. Deux études menées au sein de l'AHS ont montré des risques accrus de myélomes multiples chez les applicateurs de perméthrine par rapport à des applicateurs n'utilisant pas cette matière active (Alavanja et al., 2014; Rusiecki et al., 2009). Toujours au sein de cette cohorte, des associations entre la perméthrine et le cancer de la prostate ont été mises en évidence dans deux analyses (Alavanja, 2003; Rusiecki et al., 2009) et les associations se renforçaient lorsque les antécédents

familiaux de cancer de la prostate étaient pris en compte. Pour les autres localisations de cancer, aucune association n'a été identifiée dans cette cohorte.

Des études ont mis en évidence des risques chez l'enfant. Chez les mères exposées à la perméthrine durant la grossesse, une étude brésilienne a montré un risque accru de leucémie (Ferreira et al., 2013) et une étude chinoise a constaté une association entre les concentrations urinaires en métabolites de pyréthriinoïdes et l'incidence de leucémies lymphoïdes multiples (Ding et al., 2012). Enfin, une autre étude menée en Chine a observé des risques accrus de tumeurs cérébrales chez les enfants exposés aux pyréthriinoïdes (Chen et al., 2016).

La recherche sur les effets des pyréthriinoïdes sur la santé reproductive est quant à elle plus abondante. De nombreuses études s'accordent sur des altérations de la qualité spermatique et des diminutions en concentrations des hormones sexuelles et/ou thyroïdiennes chez les hommes lors d'expositions non professionnelles (Ji et al., 2011; Meeker et al., 2009, 2008; Perry, 2008; Xia et al., 2008). Chez les hommes exposés professionnellement, des altérations du spermogramme et des effets génotoxiques sur les spermatozoïdes ont été également constatés (Bian, 2004; Kamijima et al., 2004; Lifeng et al., 2006; Xia et al., 2004).

Enfin, des troubles du développement cognitif ont été observés chez l'enfant dans de nombreuses études s'intéressant à l'exposition prénatale. Des retards dans les performances cognitives globales, dans la compréhension verbale, la mémoire au travail et des troubles du comportement ont été mis en évidence. Ceci a conduit à attribuer un niveau de présomption fort au lien entre les expositions prénatales aux pyréthriinoïdes et la survenue de troubles du comportement chez l'enfant (Inserm, 2021).

#### **4.3.2 EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS ET INCIDENCE DU CANCER DE LA PROSTATE ET DU SEIN**

##### **4.3.2.1 MATERIEL ET METHODE**

###### **4.3.2.1.1 POPULATION D'ETUDE**

Nos analyses ont porté sur les travailleurs en espaces verts de la cohorte Agrican. D'après la matrice Pestimat, l'utilisation des pyréthriinoïdes concerne les horticulteurs et les pépiniéristes. Les autres travailleurs en espaces verts qui sont impliqués exclusivement dans l'entretien des espaces verts, terrain de sport, golf, etc. ne sont pas *a priori* des utilisateurs. Néanmoins, il n'est pas exclu qu'ils soient exposés indirectement lors de la manipulation des végétaux traités préalablement. Nous avons donc inclus tous les travailleurs en espaces verts identifiés dans la cohorte Agrican pour ces analyses.

#### 4.3.2.1.2 ÉVALUATION DES EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES

Nous avons identifié 12 matières actives pyréthrinoïdes homologuées et utilisées en culture ornementale en France entre 1998 et la période d'inclusion dans la cohorte (2005 à 2007). Les matières actives dont la date de mise sur le marché était postérieure à la période d'inclusion n'ont pas été considérées dans nos analyses (c'est le cas de l'esfenvalérate et de la lambda-cyhalothrine). On ne peut exclure que certains participants encore en activité après l'inclusion y aient été exposés, mais avec une latence de moins de 10 ans par rapport à notre date de point, un délai qui peut être considéré insuffisant à la survenue de pathologies cancéreuses. L'effectif des travailleurs exposés en espaces verts étant limité, l'exposition aux pyréthrinoïdes a été analysée dans sa globalité et non par matières actives.

Les travailleurs ont été classés selon trois niveaux d'exposition aux pyréthrinoïdes : exposés directement, indirectement et non exposés. Ils étaient considérés comme exposés directement aux pyréthrinoïdes sur une année donnée lorsque i) ils avaient au moins un emploi en horticulture ou pépinière ; ii) ils avaient rapporté avoir réalisé des traitements pesticides à l'inclusion (question D1 « *Avez-vous utilisé des fongicides, herbicides ou insecticides dans votre vie professionnelle* ») et iii) au moins une matière active était homologuée et recommandée pour la culture ornementale (données de la matrice Pestimat). Les individus étaient considérés comme exposés indirectement lorsqu'ils n'utilisaient pas de pesticides, mais avaient exercé au moins un emploi en espace vert au moment de l'homologation/recommandation des pyréthrinoïdes pour la culture ornementale. Enfin, les individus ayant un emploi en espace vert, mais à une période où les matières actives n'étaient pas encore ou plus homologuées étaient considérés comme non-exposés.

La durée d'exposition (directe ou indirecte) a été calculée en croisant l'année de début et de fin de l'emploi avec la date de début et de fin d'homologation des matières actives pour la culture ornementale.

Les participants pour lesquels les dates de début et de fin des emplois étaient manquantes ont été exclus des analyses

#### 4.3.2.1.3 ANALYSES DESCRIPTIVES

Les données sociodémographiques, habitudes de vie et données de santé ont été décrites en termes de fréquence (%), médiane et écart interquartile pour les individus exposés directement, indirectement et les non-exposés. Il s'agit des mêmes variables décrites lors des premières analyses (paragraphe 4.2.1.3.1 page 140). La prévalence des antécédents de

maladies chroniques à l'inclusion a été comparée entre les groupes grâce à une régression logistique ajustée sur l'âge et stratifiée sur le sexe.

#### **4.3.2.1.4 ANALYSES DE SURVIE**

Des analyses de survie ont été menées pour comparer l'incidence des cancers en général entre les groupes d'exposition et l'incidence du cancer de la prostate chez les hommes et du cancer du sein chez les femmes. Les données concernant ces cancers, issues des registres des départements de résidence, étaient celles de 2017. Les paramètres des modèles et méthodes d'ajustement étaient les mêmes que ceux utilisés pour les premières analyses (paragraphe 4.2.1.4.2 page 146). Les facteurs de confusion testés étaient le statut tabagique, la consommation d'alcool, l'IMC. Pour le cancer de la prostate étaient également testés la consommation de produits laitiers et pour le cancer du sein, la prise de contraceptifs oraux, le nombre de grossesses, l'allaitement et la prise de traitement hormonal postménopause.

### **4.3.2.2 RESULTATS**

#### **4.3.2.2.1 ANALYSES DESCRIPTIVES**

##### **➤ Exposition globale aux pyréthriinoïdes**

Parmi les 1841 horticulteurs et pépiniéristes de la sous-cohorte, 930 étaient considérés comme potentiellement exposés directement ou indirectement à au moins une matière active, ce qui représente 50,5 % de l'effectif. Parmi les 4 406 travailleurs en espaces verts, 2391 (soit 54,3 %) étaient potentiellement exposés indirectement à au moins une matière active. Les matières actives auxquelles les horticulteurs-pépiniéristes étaient potentiellement les plus exposés étaient le tau-fluvalinate, la deltaméthrine et la bifenthrine (respectivement 48,6 %, 44,3 % et 44,3 %). Chez les travailleurs en espaces verts, on retrouvait à la première place la cyfluthrine et la deltaméthrine (respectivement 54,3 %) suivies du tau-fluvalinate (51,8 %) (**Tableau 48**). Parmi les utilisateurs de pesticides pour lesquels une durée d'emploi était disponible, 544 individus – tous horticulteurs ou pépiniéristes - ont été considérés directement exposés, 2458 exposés indirectement (398 horticulteurs ou pépiniéristes et 2060 travailleurs en espace vert) et 1449 non exposés (655 horticulteurs et 804 travailleurs en espace vert).

**TABLEAU 48** : NOMBRE DE PARTICIPANTS EXPOSÉS PAR MATIÈRE ACTIVE

<b>Matières actives</b>	<b>Horticulteurs-pépinieristes exposés (%)</b>	<b>Travailleurs en espaces verts exposés (%)</b>
Acrinathrine	398 (21,6)	1725 (39,2)
Alphaméthrine	374 (20,2)	1625 (36,9)
Betacyfluthrine	544 (29,5)	2154 (48,9))
Cyfluthrine	544 (29,5)	2391 (54,3)
Cyperméthrine	398 (21,6)	2154 (48,9)
Bifenthrine	815 (44,3)	1725 (39,2)
Deltaméthrine	815 (44,3)	2391 (54,3)
Étofenprox	680 (36,9)	1330 (30,2)
Pyrèthres naturels	586 (31,8)	1725 (39,2)
Tau-fluvalinate	894 (48,6)	2284 (51,8)
<b>Pyréthroïdes</b>	<b>930 (50,5)</b>	<b>2391 (54,3)</b>

➤ **Caractéristiques sociodémographiques, habitudes de vie et données de santé**

Le **Tableau 49** présente les caractéristiques sociodémographiques des travailleurs en espaces verts exposés directement, indirectement ou non exposés aux pyrèthroïdes. Les individus exposés directement et indirectement étaient plus jeunes avec un âge médian à l'inclusion de 45 ans contre 64 ans chez les non-exposés. La proportion de femmes était légèrement plus élevée parmi les exposés (20 % *versus* 14 % dans les deux autres groupes) et celle des retraités moins importante dans ce même groupe, avec un niveau de formation plus élevé. La proportion de travailleurs exposés directement la plus importante était observée dans le Bas-Rhin (16,5 %) et la Loire-Atlantique (15,3 %) tandis que les personnes exposées indirectement ou non exposées résidaient principalement en Loire-Atlantique (22,2 % et 18,9 % respectivement) et en Gironde (14,6 % et 17,8 % respectivement). Les proportions de personnes ayant résidé sur une exploitation agricole durant la petite enfance étaient respectivement de 39,9 %, 35,6 % et 50,0 % parmi les individus exposés directement, indirectement et non exposés.



**TABLEAU 49 : CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES (DIRECTEMENT ET INDIRECTEMENT) ET NON EXPOSES AUX PYRETHRINOÏDES (N=6090) – COHORTE AGRICAN**

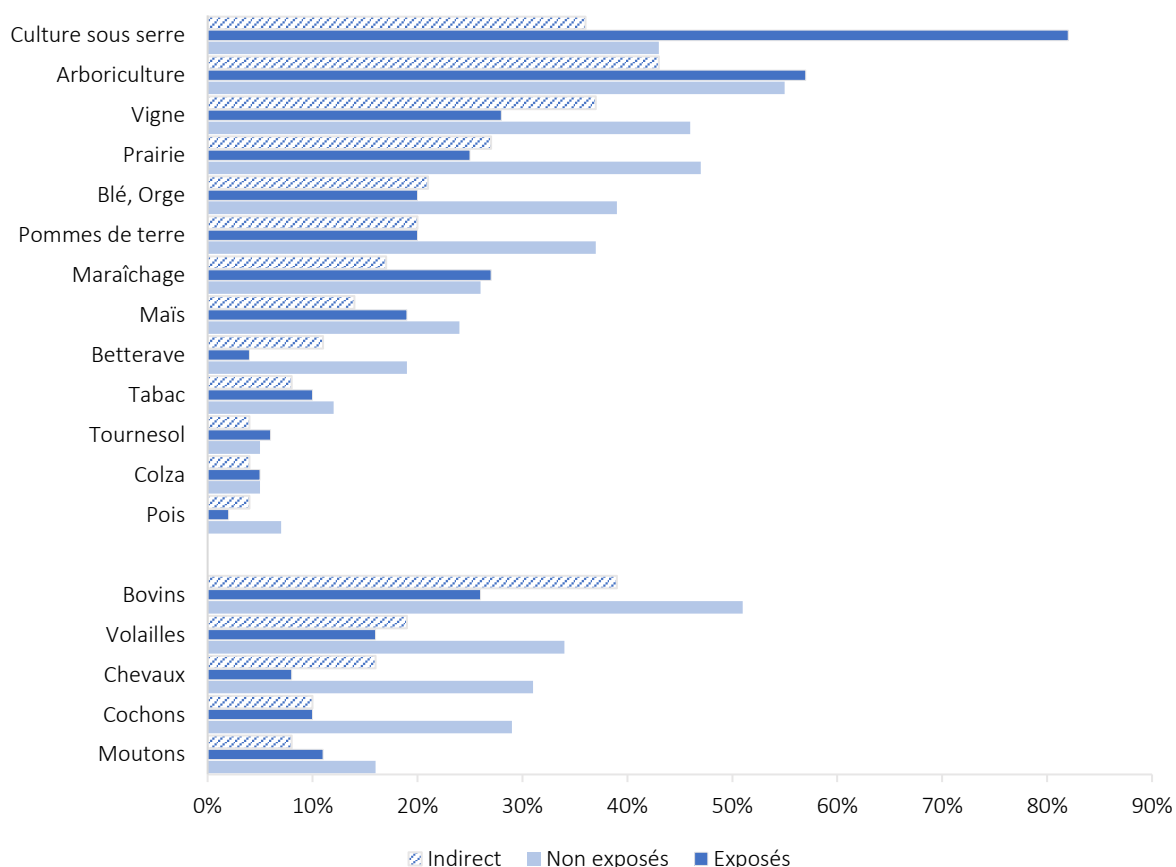
	<b>Exposés N=544 (%)</b>	<b>Exposés ind.<sup>c</sup> N=2 458 (%)</b>	<b>Non-exposés N=1 459 (%)</b>
<b>Genre (n=4 461)<sup>a</sup></b>			
Homme	435 (80,0)	2094 (85,2)	1254 (85,9)
Femme	109 (20,0)	364 (14,8)	205 (14,1)
<b>Âge médian (EIQ<sup>b</sup>) (n=4 461)</b>	45,26 (13,69)	45,62 (13,93)	63,77 (13,66)
<b>Retraité à l'inclusion (n=4 461)</b>			
Oui	44 (8,1)	186 (7,6)	657 (45,0)
Non	500 (91,9)	2272 (92,4)	802 (55,0)
<b>Statut professionnel (n=4 461)</b>			
Travailleur indépendant	234 (43,0)	845 (34,4)	833 (57,1)
Salarié	310 (57,0)	1613 (65,6)	626 (42,9)
<b>Niveau de formation (n=4 461)</b>			
Élémentaire	52 (9,7)	528 (21,9)	575 (40,5)
Secondaire	385 (71,7)	1607 (66,6)	731 (51,5)
Supérieur	100 (18,6)	279 (11,6)	114 (8,0)
<b>Statut matrimonial (n=4 361)</b>			
Célibataire	110 (20,6)	647 (26,9)	100 (7,0)
Divorcé(e) ou séparé(e)	30 (5,6)	135 (5,6)	97 (6,8)
Marié(e) ou vie maritale	379 (71,1)	1579 (65,5)	1079 (76,0)
Veuf (ve)	14 (2,6)	48 (2,0)	143 (10,1)
<b>Département (n=4 461)</b>			
Bas-Rhin	90 (16,5)	239 (9,7)	128 (8,8)
Côte-d'Or	19 (3,5)	102 (4,1)	76 (5,2)
Doubs	27 (5,0)	98 (4,0)	58 (4,0)
Gironde	67 (12,3)	358 (14,6)	260 (17,8)
Haut-Rhin	57 (10,5)	219 (8,9)	100 (6,9)
Isère	55 (10,1)	263 (10,7)	166 (11,4)
Loire-Atlantique	83 (15,3)	545 (22,2)	276 (18,9)
Manche	46 (8,5)	160 (6,5)	105 (7,2)
Somme	16 (2,9)	95 (3,9)	74 (5,1)
Tarn	23 (4,2)	86 (3,5)	76 (5,2)
Vendée	61 (11,2)	293 (11,9)	140 (9,6)
<b>Résidence sur exploitation agricole durant l'enfance (n=4 229)</b>			
Oui	209 (39,9)	835 (35,6)	680 (50,0)
Non	315 (60,1)	1511 (64,4)	679 (50,0)
<b>Activité agricole</b>			
Élevage (n=3 180)	84 (24,9)	580 (31,6)	471 (46,7)
Culture (n=3 913)	360 (72,4)	1160 (53,7)	925 (73,6)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> Écart interquartile

<sup>c</sup> Exposés indirectement

Les participants non exposés étaient plus nombreux à avoir travaillé sur d'autres cultures (73,6 % contre 72,4 % et 53,7 % chez les exposés directement ou indirectement respectivement), et en élevage (46,7 % contre 24,9 % et 31,6 % chez les exposés directement ou indirectement respectivement) (**Tableau 49**). Si l'on considère le type de culture (**Figure 41**), on remarque que les travailleurs exposés directement avaient exercé en grande majorité en culture sous serres (82 %), arboriculture (57 %), viticulture (28 %) et maraîchage (27 %). Les travailleurs exposés indirectement avaient exercé en majorité en arboriculture (43 %), vigne (37 %) et sous serre (36 %). Chez les participants non exposés, l'arboriculture (55 %), la prairie (47 %) et la culture du blé et de l'orge (39 %) étaient les plus fréquentes. Enfin, dans les trois groupes, l'élevage bovin était le plus représenté (26 %, 39 % et 51 % respectivement chez les exposés directement, indirectement et non-exposés).



**FIGURE 41** : CULTURES ET ELEVAGES REALISES PAR LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS INCLUS DANS LES ANALYSES (N=6090) – COHORTE AGRICAN

Dans cette sous-cohorte de travailleurs en espaces verts, les individus non exposés étaient plus fréquemment en surpoids ou obèses (IMC supérieur à 25 kg.m<sup>-2</sup>) (61,7 %) par rapport aux individus exposés directement ou indirectement (respectivement 42,5 % et 46,4 %) (**Tableau 50**). Concernant les données relatives à la santé reproductive, les femmes non exposées avaient utilisé moins fréquemment de contraceptifs oraux (44,0 % *versus* 85,3 % chez les exposées directement et 72,4 % chez les exposées indirectement). Le nombre de grossesses était sensiblement inférieur chez les femmes exposées directement (2,1) par rapport aux exposées indirectement (2,6) et non exposées (2,7).

**TABLEAU 50** : CARACTERISTIQUES DE SANTE DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES ET NON EXPOSES AUX PYRETHRINOÏDES (N=6090) – COHORTE AGRICAN

	Exposés N=544 (%)	Exposés ind. <sup>c</sup> N=1025 (%)	Non-exposés N=1459 (%)
<b>Indice de Masse Corporelle (kg.m<sup>-2</sup>) (n=4167) <sup>a</sup></b>			
< 18,5	4 (0,8)	25 (1,1)	14 (1,0)
[18,5-25 [	298 (56,8)	1208 (52,5)	501 (37,3)
[25-30 [	192 (36,6)	837 (36,4)	604 (45,0)
> 30	31 (5,9)	229 (10,0)	224 (16,7)
<b>Santé reproductive chez la femme</b>			
Âge médian aux 1 <sup>res</sup> règles (EIQ <sup>b</sup> ) (n=690)	13,12 (1,61)	13,13 (1,59)	13,20 (1,43)
Prise de contraceptif oral (n=668)	93 (85,3)	260 (72,4)	88 (44,0)
Nombre médian de grossesses (EIQ) (n=700)	2,10 (1,53)	2,60 (1,56)	2,73 (1,72)
Ménopause (n=665)	27 (25,7)	165 (46,0)	162 (80,6)
Traitement hormonal substitutif (n=329)	13 (48,1)	73 (46,8)	43 (29,5)
Allaitement (n=573)	58 (60,4)	165 (53,4)	96 (57,1)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> Écart interquartile

<sup>c</sup> Exposés indirectement

Concernant le tabagisme, la proportion de fumeurs était supérieure chez les exposés directement et indirectement avec respectivement 23,8 % et 26,6 % contre 11,5 % chez les non-exposés. Concernant la consommation d'alcool, les trois groupes partageaient les mêmes caractéristiques avec une proportion de consommateurs modérés et réguliers estimée autour de 70 % (**Tableau 51**).

**TABLEAU 51 : HABITUDES DE VIE DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSÉS ET NON EXPOSÉS AUX PYRETHRINOÏDES (N=6090) – COHORTE AGRICAN**

	Exposés N=544 (%)	Exposés ind. <sup>c</sup> N=1 025 (%)	Non-exposés N=1 459 (%)
<b>Statut tabagique (n=4 361)<sup>a</sup></b>			
Non-fumeur	244 (45,4)	1077 (44,5)	612 (43,6)
Ancien fumeur	166 (30,9)	699 (28,9)	629 (44,8)
Fumeur	128 (23,8)	644 (26,6)	162 (11,5)
<b>Consommation d'alcool (n=4 345)<sup>b</sup></b>			
Jamais	58 (10,8)	304 (12,6)	172 (12,3)
Rare	92 (17,2)	438 (18,2)	186 (13,3)
Modérée	204 (38,1)	948 (39,4)	434 (31,0)
Régulière	181 (33,8)	718 (29,8)	610 (43,5)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> rare = moins de 3 fois par mois; modérée = entre 3 fois par mois à 2/3 fois par semaine; régulière = entre 4 à 7 fois par semaine

<sup>c</sup> Exposés indirectement

Le **Tableau 52** présente les caractéristiques d'exposition des individus exposés et non exposés. Les individus exposés réalisaient davantage de grosses réparations sur pulvérisateur et l'entretien (respectivement 7,4 % et 39,6 %) par rapport aux deux autres groupes. Les intoxications aux pesticides étaient également plus fréquentes dans ce groupe (10,5 % contre 4,8 % chez les individus exposés indirectement et 9,1 % chez les non-exposés). Parmi les utilisateurs de pesticides, les travailleurs exposés étaient plus nombreux à déclarer utiliser des EPI (84,9 % contre 71,6 % chez les exposés indirectement et 57,3 % chez les non-exposés).

**TABLEAU 52 : CARACTERISTIQUES D'EXPOSITION SANTE DES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES ET NON EXPOSES AUX PYRETHRINOÏDES (N=6090) – COHORTE AGRICAN**

	<b>Exposés N=544 (%)</b>	<b>Exposés ind. <sup>c</sup> N=1 025 (%)</b>	<b>Non-exposés N=1 459 (%)</b>
<b>Grosses réparations sur pulvérisateur (n=3 758) <sup>a</sup></b>	35 (7,4)	143 (6,7)	70 (6,1)
Nombre médian d'années à faire ces réparations (EIQ <sup>b</sup> )	20,41 (13,82)	11,76 (9,31)	20,54 (13,08)
<b>Entretien du pulvérisateur (n=3 906)</b>	198 (39,6)	571 (25,8)	314 (26,3)
Nombre médian d'années d'entretien (EIQ)	15,31 (11,77)	13,42 (10,08)	20,22 (12,46)
<b>Intoxication aux pesticides (n=4 237)</b>	56 (10,5)	114 (4,8)	123 (9,1)
Jamais	477 (89,5)	2243 (95,2)	1224 (90,9)
Une fois	40 (7,5)	82 (3,5)	91 (6,8)
Plusieurs fois	16 (3,0)	32 (1,4)	32 (2,4)
<b>Port d'équipement de protection (n=2 999)</b>			
Oui	454 (84,9)	1120 (71,6)	515 (57,3)
Non	81 (15,1)	445 (28,4)	384 (42,7)
<b>Gants (n=2 933)</b>			
Jamais	110 (21,0)	502 (32,7)	414 (47,4)
Quelquefois	215 (41,1)	537 (34,9)	282 (32,3)
Toujours	198 (37,9)	498 (32,4)	177 (20,3)
<b>Combinaison (n=2 554)</b>			
Jamais	244 (55,2)	893 (65,3)	592 (79,5)
Quelquefois	88 (19,9)	291 (21,3)	98 (13,2)
Toujours	110 (24,9)	183 (13,4)	55 (7,4)
<b>Masque (n=2 747)</b>			
Jamais	146 (26,8)	697 (28,4)	487 (33,4)
Quelquefois	158 (29,0)	437 (17,8)	188 (12,9)
Toujours	190 (34,9)	314 (12,8)	130 (8,9)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> Écart interquartile

<sup>c</sup> Exposés indirectement

### ➤ Antécédents médicaux déclarés à l'inclusion

Les antécédents de maladies autodéclarés à l'inclusion ont été comparés entre les trois groupes grâce à une régression logistique ajustée sur l'âge. Par rapport aux personnes exposées indirectement et non exposées, les hommes exposés directement tendaient à déclarer davantage d'infarctus et moins de diabète et dépression. Les femmes exposées directement, quant à elles, déclaraient plus d'arythmie et moins d'asthme et maladie de la thyroïde (Tableau 53).

**TABLEAU 53** : COMPARAISON DES ANTECEDENTS MEDICAUX AUTODECLARES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES ET NON EXPOSES AUX PYRETHRINOÏDES (N=6090) – COHORTE AGRICAN

	Exposés directement					
	Hommes			Femmes		
	vs non-exposés	vs exp. Ind. <sup>b</sup>		vs non-exposés	vs exp. Ind.	
	n	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	n	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]
Rhinite allergique	54	1,46 [0,97-2,19]	1,07 [0,77-1,45]	15	0,82 [0,34-1,96]	1,19 [0,61-2,24]
Eczéma	29	0,80 [0,48-1,31]	0,90 [0,58-1,33]	16	0,74 [0,30-1,85]	1,06 [0,55-1,96]
Asthme	34	0,96 [0,59-1,53]	1,05 [0,70-1,53]	5	0,42 [0,12-1,30]	0,46 [0,15-1,12]
Bronchite	25	1,01 [0,60-1,65]	0,85 [0,53-1,30]	4	1,02 [0,23-4,08]	0,81 [0,23-2,30]
Infarctus	15	1,24 [0,65-2,24]	1,53 [0,81-2,73]	1	-	-
Arythmie	28	0,91 [0,57-1,43]	1,04 [0,66-1,57]	11	1,29 [0,49-3,41]	1,59 [0,72-3,35]
Hypertension	55	0,74 [0,52-1,04]	0,98 [0,70-1,36]	12	0,91 [0,38-2,09]	0,90 [0,42-1,82]
Thyroïde	1	-	-	5	0,30 [0,09-0,90]	0,57 [0,19-1,42]
Diabète	11	<b>0,46 [0,22-0,87]</b>	0,55 [0,27-1,01]	3	0,37 [0,07-1,48]	1,00 [0,22-3,35]
Dépression	25	0,62 [0,36-1,03]	0,68 [0,43-1,03]	14	0,93 [0,39-2,17]	1,39 [0,69-2,70]

<sup>a</sup> Odds Ratio ajustés sur l'âge (Intervalle de Confiance à 95 %).

<sup>b</sup> Exposés indirectement

Chez les personnes exposées de façon indirecte, les hommes déclaraient moins d'infarctus (OR=0,74 [0,48-1,12]), plus de maladies de la thyroïde (OR=1,27 [0,70-2,33]) et plus de dépression (OR=1,24 [0,90-1,71]) que les non-exposés. Les femmes déclaraient quant à elles significativement plus d'antécédents d'hypertension (OR=1,76 [1,04-3,02]) (Tableau 54).

**TABLEAU 54**: COMPARAISON DES ANTECEDENTS MEDICAUX AUTODECLARES A L'INCLUSION CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES INDIRECTEMENT ET LES NON-EXPOSES AUX PYRETHRINOÏDES – COHORTE AGRICAN

	Exposés indirectement vs non-exposés			
	Hommes		Femmes	
	n	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]	n	OR aj <sup>a</sup> [IC 95 %]
Rhinite allergique	245	1,11 [0,84-1,48]	42	0,85 [0,46-1,48]
Eczéma	153	0,82 [0,59-1,14]	43	0,90 [0,46-1,78]
Asthme	156	0,81 [0,59-1,12]	33	0,84 [0,44-1,66]
Bronchite	136	1,12 [0,82-1,53]	18	0,92 [0,40-2,17]
Infarctus	46	0,74 [0,48-1,12]	7	2,06 [0,53-8,47]
Arythmie	128	0,85 [0,64-1,14]	28	1,09 [0,55-2,19]
Hypertension	259	0,92 [0,74-1,15]	65	<b>1,76 [1,04-3,02]</b>
Thyroïde	34	1,27 [0,70-2,33]	32	0,69 [0,37-1,32]
Diabète	87	0,99 [0,70-1,41]	12	0,59 [0,24-1,57]
Dépression	169	1,24 [0,90-1,71]	35	0,59 [0,32-1,08]

<sup>a</sup> Odds Ratio ajustés sur l'âge (Intervalle de Confiance à 95 %).

#### 4.3.2.2.2 ANALYSES DE SURVIE

Chez les travailleurs en espaces verts exposés directement aux pyréthrinoïdes, 32 hommes et 6 femmes ont développé un cancer entre l'inclusion et 2017 (Tableau 55, Tableau 56). Chez les hommes, le risque de cancer en général était légèrement supérieur chez les exposés (HR=1,20 [0,80-1,79]) par rapport aux non-exposés (Tableau 55). Chez les femmes exposées, ce risque était presque doublé par rapport aux non-exposés (HR=1,86 [0,62-5,57]) et aux exposés indirectement (OR=1,91 [0,71-5,10]) sans atteindre la significativité statistique (Tableau 56).

Quatorze hommes exposés directement ont développé un cancer de la prostate et le risque était supérieur par rapport aux non-exposés (HR=1,48 [0,81-2,68]) et aux exposés indirectement (OR=1,39 [0,76-2,53]) (Tableau 55). Trois femmes exposées ont développé un cancer du sein et elles présentaient un risque supérieur par rapport aux femmes non exposées (HR=1,55 [0,34-7,16]) et aux exposées indirectement (HR= HR=2,64 [0,60-11,62]), mais avec une grande imprécision sur l'estimation de ce risque en raison des faibles effectifs (Tableau 56).

**TABLEAU 55:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES DIRECTEMENT VERSUS LES NON-EXPOSES ET LES EXPOSES INDIRECTEMENT AUX PYRETHRINOÏDES — HOMMES

	Exposés directement (hommes)		
	vs non-exposés		vs exposés indirectement
	n	HR brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
<b>Prostate</b>	14	1,48 [0,81-2,68]	1,39 [0,76-2,53]
<b>Total</b>	32	1,20 [0,80-1,79]	1,05 [0,71-1,55]

<sup>a</sup> Hazard Ratios (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

**TABLEAU 56:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES DIRECTEMENT VERSUS LES NON-EXPOSES ET LES EXPOSES INDIRECTEMENT AUX PYRETHRINOÏDES — FEMMES

	Exposés directement (femmes)		
	vs non-exposés		vs exposés indirectement
	n	HR brut [IC 95 %]	HR brut [IC 95 %]
<b>Sein</b>	3	1,55 [0,34-7,16]	2,64 [0,60-11,62]
<b>Total</b>	6	1,86 [0,62-5,57]	1,91 [0,71-5,10]

<sup>a</sup> Hazard Ratios (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

Au total, 130 hommes et 16 femmes exposés indirectement aux pyréthrinoïdes ont développé un cancer et les risques observés en comparaison aux non-exposés (**Tableau 57**).

**TABLEAU 57:** HAZARD RATIOS DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS EXPOSES INDIRECTEMENT AUX PYRETHRINOÏDES VERSUS LES NON-EXPOSES — COHORTE AGRICAN

Exposés indirectement vs non-exposés					
	Hommes		Femmes		
	n	HR brut [IC 95 %]	n	HR brut [IC 95 %]	
<b>Prostate</b>	45	1,04 [0,96-1,56]	<b>Sein</b>	8	1,04 [0,70-1,56]
<b>Total</b>	130	1,13 [0,88-1,45]	<b>Total</b>	16	0,89 [0,39-2,02]

<sup>a</sup> Hazard Ratios (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps. \* p value < 0,05

#### 4.3.2.2.3 COMPARAISON ENTRE LES PARTICIPANTS INCLUS ET EXCLUS DES ANALYSES

La détermination du statut « exposé » reposait en partie sur les dates de début et fin d'emploi en horticulture ou pépinière. Or, pour 1786 individus, cette information était manquante et ils ont donc été exclus des analyses principales. Afin d'estimer le potentiel impact de l'exclusion de ces participants, nous les avons comparés aux 4461 travailleurs inclus dans les analyses principales. Les tableaux des résultats de ces analyses sont fournis en annexe (**Annexe 7**).

En termes de caractéristiques sociodémographiques, la proportion de femmes était plus importante chez les individus exclus (24,4 % contre 15,2 % chez les personnes incluses). Les participants exclus étaient également légèrement plus âgés (âge médian de 54,9 ans contre 51,5 ans) et avaient un niveau de formation supérieur (13,8 % avec un niveau supérieur contre 11,3 %). Concernant les données de santé, ils étaient un peu plus fréquemment en surpoids ou obèses (53,2 % contre 50,8 %). Il y avait sensiblement plus de fumeurs et d'anciens fumeurs chez les participants inclus dans les analyses (55,7 % contre 52,3 %).

Les personnes n'ayant pas complété les dates d'emploi différaient également sur la déclaration des antécédents médicaux à l'inclusion avec davantage de bronchite chronique (OR=1,33 [1,06-1,66]) et de maladie de la thyroïde (OR=1,34 [0,86-2,06]) chez les hommes (**Tableau 58**). Chez les femmes, les personnes exclues déclaraient sensiblement plus d'antécédents d'infarctus (OR=1,55 [0,74-3,29]) et d'hypertension (OR=1,24 [0,90-1,72]).



**TABLEAU 58:** COMPARAISON DES ANTECEDENTS MEDICAUX AUTODECLARES A L'INCLUSION ENTRE LES TRAVAILLEURS INCLUS ET CEUX EXCLUS DES ANALYSES POUR CAUSE DE DONNEES MANQUANTES (N=4461) – COHORTE AGRICAN

	Hommes exclus		Femmes exclus	
	n	OR [IC 95 %] <sup>a</sup>	n	OR [IC 95 %]
Rhinite allergique	120	0,88 [0,70-1,09]	56	1,20 [0,83-1,74]
Eczéma	92	1,04 [0,81-1,33]	48	1,16 [0,78-1,71]
Asthme	97	1,04 [0,82-1,32]	39	1,10 [0,71-1,68]
Bronchite	125	1,33 [1,06-1,66]	23	1,01 [0,58-1,72]
Infarctus	64	1,05 [0,76-1,41]	16	1,55 [0,74-3,29]
Arythmie	117	0,92 [0,73-1,15]	41	0,95 [0,62-1,45]
Hypertension	229	1,00 [0,83-1,19]	104	1,24 [0,90-1,72]
Thyroïde	31	1,34 [0,86-2,06]	42	1,04 [0,68-1,57]
Diabète	71	0,92 [0,69-1,22]	19	0,91 [0,49-1,63]
Dépression	104	1,12 [0,88-1,42]	57	1,17 [0,81-1,69]

<sup>a</sup> Odds Ratio ajusté sur l'âge (Intervalle de Confiance à 95 %) \* p<0,05

Enfin, concernant la survenue de cancer, les hommes exclus avaient moins de cancers de la prostate (HR=0,75 [0,53-1,05] et de cancer en général (HR=0,88 [0,73-1,07]). Les femmes exclues quant à elles présentaient sensiblement plus de cancers en général (HR=1,28 [0,80-2,05]) (Tableau 59).

**TABLEAU 59 :** HAZARD RATIO (HR) DE L'INCIDENCE DES CANCERS CHEZ LES PARTICIPANTS EXCLUS DES ANALYSES PRINCIPALES PAR RAPPORT AUX PARTICIPANTS INCLUS (N=4461) – COHORTE AGRICAN

	Hommes exclus		Femmes exclues		
	n	HR brut [IC 95 %]	n	HR brut [IC 95 %]	
Prostate	43	0,75 [0,53-1,05]	Sein	13	1,04 [0,50-2,17]
Total	143	0,88 [0,73-1,07]	Total	35	1,28 [0,80-2,05]

<sup>a</sup> Hazard Ratios (Intervalle de Confiance à 95 %, IC 95 %) estimés avec des modèles de Cox avec l'âge en échelle de temps, \* p value < 0,05

### 4.3.2.3 DISCUSSION

#### 4.3.2.3.1 RESULTATS PRINCIPAUX

Parmi les 6247 travailleurs en espaces verts identifiés dans la cohorte Agrican, 544 ont été considérés exposés directement et 2458 indirectement aux pyréthrinoïdes. Nous avons mis en évidence une élévation du risque de cancer de la prostate chez les hommes exposés par

rapport aux non-exposés et aux exposés indirectement. Chez les femmes, un excès de risque de cancer en général et de cancer du sein a été observé chez les travailleuses exposées directement par rapport aux deux autres groupes. Les analyses réalisées chez les personnes exposées indirectement n'ont pas montré d'excès de risque de cancer par rapport aux travailleurs non exposés.

#### **4.3.2.3.2 FORCES ET LIMITES**

De nombreuses forces et limites de ces analyses dédiées aux pyréthrinoïdes sont similaires à celles décrites dans les analyses sur les travailleurs en espaces verts réalisées précédemment (paragraphe **4.2.3.2** page **190**). Le schéma d'étude, l'inclusion et le suivi des participants, le recueil des données de santé, la sélection des travailleurs en espaces verts, etc. ne seront donc pas détaillés ici. Nous nous concentrerons ici sur la méthodologie de l'estimation de l'exposition aux pyréthrinoïdes et son impact sur les résultats.

Comme évoqué précédemment, la cohorte Agrican offre la possibilité d'étudier un large échantillon de travailleurs en espaces verts et permet ainsi d'envisager des analyses plus détaillées sur leurs expositions. L'inclusion des participants étant basée sur leur affiliation à la MSA et non sur leur utilisation professionnelle de pesticides, nous avons pu ainsi bénéficier d'un groupe de référence non exposé directement aux pesticides. De plus, la force principale de cette étude était l'évaluation individuelle de l'exposition basée sur le croisement entre le calendrier professionnel, le questionnaire d'inclusion et la matrice Pestimat. Ainsi, nous n'avons pas eu à solliciter la mémoire des participants, ce qui a limité le biais de mémorisation.

Dans notre analyse, les participants étaient considérés exposés directement aux pyréthrinoïdes s'ils remplissaient trois critères : i) avoir eu au moins un emploi en horticulture et en pépinière; ii) avoir rapporté l'utilisation de pesticides au questionnaire d'inclusion; et iii) la matière active était homologuée et utilisée dans ce secteur au cours de la période correspondante à l'emploi (données provenant de la matrice Pestimat, tables espaces verts). Or, nous allons voir que pour ces trois critères, des informations restaient incomplètes, ce qui a pu entraîner des erreurs de classement.

Premièrement, en ce qui concerne la matrice Pestimat, l'incrémentation des données spécifiques à ce secteur a mis en évidence des lacunes sur les informations disponibles. Comme évoqué dans le paragraphe **3.2.3** page **117**, les sources de données sur l'utilisation des pesticides dans le secteur des espaces verts sont à ce jour moins nombreuses que pour le secteur agricole. Seule la probabilité binaire en oui/non d'utilisation des matières actives a pu être établie. À ce stade, les données manquaient pour déterminer l'intensité (caractérisée par

la fréquence d'utilisation des matières actives par culture) et la probabilité d'exposition — qui représente la proportion de travailleurs ayant utilisé la matière active pour une année et une culture donnée. La caractérisation de l'exposition reste donc encore approximative pour les travailleurs en espaces verts et doit être complétée pour les prochaines analyses. Néanmoins, il est important de rappeler que la majorité des études menées à ce jour sur les travailleurs des espaces verts ne basait l'estimation de l'exposition que sur le titre de l'emploi ou sur des questionnaires (paragraphe 2.3 page 98). Cette analyse est donc la première à investiguer le rôle d'une famille de pesticides en particulier dans la survenue de cancer chez les travailleurs en espaces verts. De plus, elle est la première à prendre en compte les expositions indirectes lors des travaux de réentrée.

Deuxièmement, les données issues du questionnaire d'inclusion étaient incomplètes. Comme nous l'avons décrit précédemment, la cohorte Agrican a été initialement élaborée pour explorer la santé des agriculteurs. Dans le questionnaire d'inclusion, l'utilisation des pesticides et les dates associées étaient demandées par type de culture et d'élevage, mais le secteur des espaces verts n'était pas listé. Pour ces travailleurs, les dates de début et de fin d'utilisation des pesticides n'étaient donc pas disponibles. À la place, nous avons choisi d'utiliser les dates de début et de fin de chaque emploi en culture ornementale renseignées dans le calendrier professionnel. Nous avons donc fait l'hypothèse que les participants qui ont déclaré utiliser des pesticides l'ont fait sur toute la durée de chaque emploi dans ce secteur. Or, on ne peut exclure que certains travailleurs n'aient appliqué des pesticides que sur une fenêtre temporelle précise.

Enfin, la question «*Avez-vous utilisé des fongicides, des insecticides ou des herbicides dans votre vie professionnelle*» posée à l'inclusion présentait également des limites. Elle concernait l'utilisation des pesticides en général et non pour une culture ou un élevage donné. Or, une partie des participants sélectionnés pour ces analyses avaient également travaillé en agriculture et étaient donc susceptibles d'avoir utilisé des pesticides dans ce cadre. Il n'était donc pas possible de différencier les traitements réalisés en culture ornementale de ceux réalisés sur d'autres cultures. Cela est d'autant plus vrai dans le cas des pyréthrinoïdes qui sont des molécules également utilisées sur la culture de végétaux (vigne, blé, orge, maïs, arboriculture, colza, pomme de terre, maraîchage, pois et betterave) et sur les animaux d'élevage (bovins et ovins notamment). Il est donc possible que des travailleurs classés comme non-exposés aient tout de même utilisé ces matières actives dans le cadre d'autres activités agricoles. Une sous-estimation des participants exposés aux pyréthrinoïdes est donc probable. Des analyses de sensibilité restreintes aux individus sans expérience agricole (culture ou élevage) auraient permis de répondre à cette question, mais les effectifs étaient trop limités (seulement 2 cas respectivement de cancer de la prostate et cancer du sein dans le groupe des travailleurs exposés sans activité agricole).

Dans le cadre de ces analyses, en plus de l'exposition directe, nous avons également considéré l'exposition indirecte, en nous basant de la même manière sur l'historique des emplois. À cette étape de la cohorte, aucune question relative aux tâches de réentrée en espaces verts n'a été posée. Or, ces tâches constituent une partie importante de l'activité et sont potentiellement exposantes. Nous avons donc considéré que les individus ayant déclaré ne pas réaliser de traitement, mais travaillant en espaces verts à un moment où ces matières actives étaient homologuées étaient possiblement exposés de manière indirecte. Cependant, nous ne pouvons écarter l'hypothèse que certains de ces travailleurs n'aient pas ou peu travaillé au contact de cultures traitées par des pyréthrinoïdes.

L'une des principales limites de cette étude est le faible effectif des travailleurs exposés ayant développé un cancer à cette étape de la cohorte. Pour le cancer de la prostate et du sein, des augmentations de risque chez les travailleurs et travailleuses exposées ont été mises en évidence, mais ne reposaient que sur 14 et 3 cas respectivement.

D'autre part, du fait des effectifs trop limités, il n'a pas été possible de réaliser des analyses de sensibilité utiles à la validation de nos résultats, comme l'étude séparée des horticulteurs et des pépiniéristes. Bien que ces deux groupes de professionnels utilisent des pyréthrinoïdes, les pépiniéristes n'utilisent pas autant de matières actives que les horticulteurs. En effet, d'après la matrice Pestimat, tandis que 12 matières actives sont mentionnées pour le secteur horticole, seules six sont aussi utilisées en pépinière. De plus, les doses à l'hectare, bien que proches, diffèrent sensiblement entre les deux cultures. Afin d'avoir des effectifs suffisants pour mener les analyses, nous avons décidé d'analyser l'exposition aux pyréthrinoïdes dans son ensemble. Nous n'avons pas été en mesure d'analyser le risque de cancer par matière active. De la même façon, nous n'avons pas pu prendre en compte d'éventuels effets de latence entre l'exposition et la survenue de la pathologie ni la durée de l'exposition. Avec des effectifs suffisants, il aurait été en effet intéressant de classer les individus selon différentes périodes de latence et la durée d'exposition, afin de rechercher une relation dose-effet et prendre en compte la séquence temporelle entre l'exposition et la maladie.

#### **4.3.2.3.3 VALIDITE EXTERNE**

Les résultats sur l'augmentation de risque de cancer de la prostate chez les travailleurs exposés aux pyréthrinoïdes sont en accord avec la littérature. Dans la cohorte AHS, une association significative avait été retrouvée lors d'exposition à la perméthrine (OR=1,38 [1,01-1,89], 48 cas) et surtout lorsque les antécédents familiaux de cancer de la prostate étaient pris en compte (OR=2,31 [1,17-4,56]) (Alavanja, 2003). Cependant, il s'agissait d'exposition lors de traitements sur les animaux d'élevage; le nombre de cas étant insuffisant chez les travailleurs

effectuant des traitements sur des végétaux. Une autre analyse de l'AHS a fait état d'une augmentation non significative du risque lors d'expositions à la perméthrine, mais uniquement lorsque les antécédents familiaux étaient pris en compte (RR=1,19 [0,82-1,3]) (Rusiecki et al., 2009). L'expertise collective de l'Inserm de 2013, mise en jour en 2021, a d'ailleurs statué sur une présomption moyenne de lien entre la perméthrine et le cancer de la prostate (Inserm, 2021). Le cancer de la prostate étant une pathologie tumorale hormono-dépendante, des études ont été menées pour déterminer l'impact des pyréthriinoïdes sur les hormones sexuelles masculines. Des analyses *in vitro* et *in vivo* ont ainsi démontré que la cyperméthrine, en se liant aux récepteurs à androgènes, empêchait la transcription des gènes androgènes-dépendants entraînant par la suite des atteintes des fonctions reproductrices et une augmentation de risque de cancer de la prostate (Wang et al., 2016). Dans une étude coréenne, une corrélation entre la concentration en antigène prostatique spécifique (PSA) et la concentration urinaire en pyréthriinoïdes a également été mise en évidence (Hong et al., 2021). Concernant les travailleurs en espaces verts, il s'agit de la première étude mettant en évidence un lien entre l'exposition aux pyréthriinoïdes et le risque de cancer de la prostate. Afin de confirmer cette association, les antécédents familiaux devront être pris en compte dans de futures analyses. Une analyse par matière active permettrait également de confirmer ou non ce qui a été observé pour la perméthrine et la cyperméthrine et d'identifier d'éventuelles matières actives impliquées dans la survenue de ce cancer.

Les études épidémiologiques s'intéressant au lien entre le cancer du sein et les expositions professionnelles aux pyréthriinoïdes sont rares et ne sont pas en accord avec nos résultats. Deux études de l'AHS menées auprès de femmes d'agriculteurs n'ont pas établi de lien entre l'exposition aux pyréthriinoïdes et à la perméthrine et la survenue de cancer du sein (Engel, 2005). À l'instar de notre étude, les effectifs étaient limités (entre 3 et 9 cas). Cependant, il est important de noter que les analyses de l'AHS ont été menées auprès de femmes d'agriculteurs et non d'applicatrices (car les effectifs étaient trop limités). Or, dans notre étude, les analyses ont été menées auprès de femmes utilisatrices de pesticides et donc potentiellement plus exposées que celles de l'AHS, ce qui peut expliquer l'excès de risque observé. À cette étape, les effectifs limités ne nous ont pas permis de tester l'effet de variables telles que la consommation de tabac et d'alcool et celles relatives à la santé reproductive (prise de contraceptif oral, nombre de grossesses, allaitement, etc.). Dans les études *in vitro* et *in vivo*, les résultats sont également discordants, mais des interférences avec les récepteurs à progestérone et à estrogène ont été identifiées pour le fenvalérate, la perméthrine, la cyperméthrine et la deltaméthrine (Chen et al., 2002b; Go et al., 1999; Young Kim et al., 2005).

Les analyses exploratoires menées sur les antécédents médicaux déclarés à l'inclusion ont fourni des résultats contradictoires avec la littérature. Dans nos analyses, les travailleurs exposés aux pyréthriinoïdes déclaraient moins d'antécédents de diabète (résultats significatifs

chez les hommes et non significatifs chez les femmes). Or, des études ont mis en évidence un lien entre l'exposition à ces molécules en population générale (Park et al., 2019) et chez des applicateurs de pesticides (Hansen et al., 2014). Cependant, les données de la littérature restent limitées.

#### 4.3.2.4 CONCLUSION

Cette première analyse exploratoire, qui avait pour objectif d'investiguer le rôle des insecticides pyréthrinoïdes sur la survenue de cancers hormono-dépendants, a mis en évidence des risques accrus de cancer de la prostate chez les hommes et cancers du sein chez les femmes. Il s'agit de la première étude menée sur cette population à montrer de telles associations. Elle a ainsi permis d'illustrer comment les données spécifiques aux espaces verts incrémentées au cours de cette thèse dans la matrice Pestimat pourront être utilisées dans de futures analyses au sein de la cohorte Agrican. Des lacunes dans l'estimation de l'exposition ont été relevées et devront être corrigées grâce notamment à l'envoi de questionnaires de suivi spécifique à ce secteur. De plus, les travailleurs en espaces verts inclus dans la cohorte présentant de nombreux points communs avec le secteur agricole, des analyses prenant en compte d'éventuelles co-expositions devront être réalisées.

Dans les premières analyses menées auprès des travailleurs en espaces verts inclus dans la cohorte Agrican (paragraphe 4.2 page 138), nous avons identifié des excès de cancers de la prostate, du testicule, de la thyroïde, de la peau et du sein. Ces localisations de cancer devront donc être analysées en priorité au regard de matières actives utilisées dans ce secteur et recensées dans la matrice Pestimat. Enfin, les effectifs concernant les travailleurs en espaces verts au sein de la cohorte Agrican étant limités, il pourra être envisagé d'utiliser les données de la matrice sur de futures études prospectives mise en place spécifiquement sur ces travailleurs.

## 4.4 ÉLABORATION D'UN QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE AUX TRAVAILLEURS EN ESPACES VERTS INCLUS DANS LA COHORTE AGRICAN

### 4.4.1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Comme nous l'avons mentionné à plusieurs endroits de ce travail, même si les travailleurs en espaces verts ont été inclus dans la cohorte Agrican, les questionnaires ont été prioritairement conçus pour les expositions agricoles et interrogeaient sur des cultures et des élevages. De ce fait, les informations nécessaires à l'évaluation de l'exposition aux pesticides étaient en partie manquantes pour les travailleurs en espaces verts.

Dans le cadre du suivi des participants, l'envoi de questionnaires spécifiques est prévu pour l'année 2023 et concernera notamment l'élevage bovin, les cultures céréalières, fourragères, les prairies et les vignes. Un questionnaire complémentaire sur le matériel et les conditions d'application des pesticides est également prévu. Ces questionnaires permettront d'obtenir des données spécifiques à chaque secteur plus détaillées et ne seront envoyés qu'aux personnes concernées.

Compte tenu des lacunes identifiées en espaces verts, un questionnaire spécifique à ce secteur est également prévu. Il permettra de recueillir les informations plus précises sur les emplois occupés en espaces verts (intitulé de l'emploi, secteur, durée et période). Nous nous assurons par la même occasion que les personnes identifiées en espaces verts ont bien exercé dans ce secteur. Ce sera également l'occasion de recontacter les participants perdus de vue entre l'inclusion et le premier suivi. Une attention particulière sera portée aux tâches réalisées, environnements de travail et bien entendu à l'utilisation de pesticides et aux conditions de leur application (matériel, EPI, etc.). Ces nouvelles données offriront la possibilité d'améliorer la caractérisation de l'exposition pour les futures analyses épidémiologiques prévues. La conception de ce questionnaire s'appuiera sur les expériences acquises au cours de cette thèse. Une première version est présentée dans ce chapitre.

### 4.4.2 PRESENTATION DU QUESTIONNAIRE

#### 4.4.2.1 HISTORIQUE DE L'ACTIVITE PROFESSIONNELLE

Cette première section consiste en un calendrier professionnel proche de celui posé à l'inclusion (**Annexe 4**), mais centré sur les emplois en espaces verts. Les participants devront renseigner les années de début et de fin pour chaque emploi ainsi que le nom de

l'entreprise/exploitation, l'emploi exercé et les principales tâches. Ils devront également mentionner leur situation professionnelle actuelle.

Les informations recueillies dans cette première section serviront de bases pour déterminer à quel secteur des espaces verts le participant appartient (jardiniers/paysagistes publics ou privés, agents d'entretien de la voirie, des voies ferrées, des installations sportives, terrains de golf, etc., horticulteurs ou pépiniéristes spécialisés dans la culture ornementale). Les années de début et de fin nous permettront d'attribuer une durée et période pour chaque emploi. Ces informations étant cruciales pour le croisement avec la matrice Pestimat.

#### 4.4.2.2 TACHES REALISEES EN ESPACES VERTS

Cette section comportera deux parties : la première pour les espaces verts tels que les espaces publics, jardins de particuliers, voiries, terrains de sport et de golf, etc. (Figure 42), la deuxième pour les cultures ornementales (Figure 43). Le participant devra cocher parmi une liste, les principales tâches réalisées pour ces emplois et il devra mentionner les années de début et de fin ainsi que les fréquences. Jusqu'à trois emplois par secteur pourront être renseignés.

	Sur quels types d'espaces verts avez-vous travaillé dans ce secteur ?	Quelles sont les principales tâches que vous avez réalisées vous-mêmes ?	Année de début	Année de fin	Fréquence
Emploi 1	<input type="checkbox"/> Espaces communaux (cimetières, rues, parcs publics, trottoirs...) <input type="checkbox"/> Jardins de particulier et résidences <input type="checkbox"/> Voies ferrées et voirie <input type="checkbox"/> Golfs <input type="checkbox"/> Terrains de sport <input type="checkbox"/> Zones spécifiques (hippodrome, aéroport, parc de matériel...)	<input type="checkbox"/> Création et aménagement d'espaces verts <input type="checkbox"/> Plantations <input type="checkbox"/> Tonte et/ou débroussaillage <input type="checkbox"/> Élagage, taille ou abattage d'arbres d'ornement <input type="checkbox"/> Réalisation de greffons, greffage <input type="checkbox"/> Petites maçonneries <input type="checkbox"/> Broyage des branches <input type="checkbox"/> Brûlage des déchets verts	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Traitement avec produits de biocontrôle* et/ou autorisés en agriculture biologique	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Nettoyage de toits avec anti-mousse	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Entretien de fleurs en extérieur	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Désherbage thermique	_ _ _ _	_ _ _ _	__ fois / an

FIGURE 42: EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS – AGRICAN



	Sur quels types d'espaces verts avez-vous travaillé dans ce secteur ?	Quelles sont les principales tâches que vous avez réalisées vous-mêmes ?	Année de début	Année de fin	Fréquence
Emploi 1	<input type="checkbox"/> Pépinières privées <input type="checkbox"/> Pépinières publiques, municipales	<input type="checkbox"/> Production florale <input type="checkbox"/> Production légumière ou fruitière <input type="checkbox"/> Production d'arbres/arbustes d'ornement <input type="checkbox"/> Préparation du sol <input type="checkbox"/> Désherbage thermique	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides en extérieur	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides sous serre	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Traitement avec produits de biocontrôle* et/ou autorisés en agriculture biologique	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Entretien des plantes en intérieur (taille, bouturage, greffage)			
		<input type="checkbox"/> Entretien des plantes en extérieur (taille, bouturage, greffage)	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Prélèvement des végétaux prêts à la vente	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
		<input type="checkbox"/> Désherbage chimique (herbicide) en extérieur	_ _ _	_ _ _	__ fois / an

FIGURE 43: EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS (CULTURE ORNEMENTALE)- AGRICAN

Parmi les tâches réalisées figurent les traitements appliqués (pesticides conventionnels et produits de biocontrôle/autorisés en agriculture biologique) et une distinction sera faite entre les traitements réalisés en extérieur et ceux faits en intérieur. Ces questions permettront d'appréhender l'exposition directe aux pesticides.

De plus, une série d'items sera dédiée aux tâches de réentrée : *élagage, taille ou abattage d'arbres d'ornement, entretien des fleurs en extérieur et en intérieur, prélèvements des végétaux prêts à la vente*. Grâce à ces données, il sera enfin possible d'identifier les participants n'appliquant pas de pesticides, mais tout de même potentiellement exposés lors de tâches de réentrée par contact avec des végétaux traités. Ces informations limiteront les erreurs de classement vis-à-vis de l'exposition des travailleurs dans les analyses épidémiologiques.

Les dates de début et de fin pour chaque activité permettront de calculer des durées d'exposition, ce qui offrira la possibilité de rechercher des relations dose-effet entre une matière active et la survenue d'une pathologie, apportant des arguments à la causalité des liens.

	Exemple	Matériau	Dimension	Système d'aération/ventilation
<input type="checkbox"/> Serre tunnel		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____
<input type="checkbox"/> Serre bi-tunnel		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____
<input type="checkbox"/> Serre mono-chapelle		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____
<input type="checkbox"/> Serre multi-chapelle		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____
<input type="checkbox"/> Tunnel nantais		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____
<input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____		<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____	/_/_/_/_/_ m x /_/_/_/_/_ m <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage de l'air) <input type="checkbox"/> Ne sait pas <input type="checkbox"/> Autre, précisez : _____

FIGURE 44: EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS - SECTION SUR LES SERRES (AGRICAN)

Dans cette section, une partie sera dédiée aux serres (Figure 44). Le type de serre (tunnel, bitunnel, mono ou multichapelle, tunnel nantais), le matériau la composant, les dimensions et le système d'aération ou ventilation seront à renseigner.

#### 4.4.2.3 UTILISATION DE PESTICIDES

À l'instar du questionnaire d'inclusion, une question sur l'utilisation des pesticides utilisés au cours de la vie professionnelle sera posée. Cela permettra aux participants ne se sentant pas concernés par les questions relatives aux traitements de la section précédente de mentionner s'ils utilisent ou non des pesticides. Devront être précisées les tâches réalisées (préparation, remplissage des cuves, application, nettoyage du matériel). Les mêmes questions seront posées pour les produits de biocontrôle et autorisés en agriculture biologique.

#### 4.4.2.4 MATÉRIELS D'APPLICATION

Dans cette section, les participants devront cocher parmi une liste, le matériel utilisé pour l'application des pesticides et devront indiquer le volume de cuve, les cultures traitées avec ce matériel, l'année de la première et dernière utilisation, le nombre de jours d'utilisation par an, le nombre moyen de cuves préparées lors de journées de traitement et la fréquence de nettoyage du matériel (**Figure 45**). Ils devront également préciser si ce matériel est utilisé en extérieur ou sous serre. Ces informations nous seront utiles pour mieux estimer l'exposition. Certains matériels entraînant en effet des expositions plus importantes, il pourra être envisagé de prendre en compte l'intensité des expositions, estimée à partir du matériel utilisé.

	Type de matériel	Volume de la cuve (en litres)	Cultures traitées	Environnement	1ère année d'utilisation	Dernière année d'utilisation	Nbre de jours d'utilisation par an	Nbre de cuves préparées par jour	Nbre d'heures d'application par jour en moyenne	Nettoyage du matériel
Matériel 1	<input type="checkbox"/> Pulvérisateur à gâchette <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à dos <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à poignée <input type="checkbox"/> Pulvérisateur sur chariot <input type="checkbox"/> Cuve portée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve portée avec rampe <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec rampe <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Tracteur interligne <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) : _____	_ _  litres	<input type="checkbox"/> Gazon <input type="checkbox"/> Arbres / arbustes <input type="checkbox"/> Fleurs <input type="checkbox"/> Cours, allées, bords de route, chemins de fers <input type="checkbox"/> Autre, préciser : _____	<input type="checkbox"/> En extérieur <input type="checkbox"/> Sous serre	_ _ _	_ _ _	_ _  par an	_ _  par jour	_ _  heures par jour en moyenne	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation

FIGURE 45 : EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS - SECTION SUR LE MATERIEL (AGRICAN)

#### 4.4.2.5 ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLES

Cette section sur les EPI portés lors de traitements sera similaire au questionnaire d'inclusion. Sous la forme d'un tableau, les fréquences d'utilisation, année de début, phases auxquelles ils sont portés et les fréquences de changement seront à remplir. Un tableau identique sera dédié aux produits de biocontrôle et autorisés en agriculture biologique. Comme cela sera le cas pour le matériel d'application, ces renseignements nous permettront d'affiner l'estimation de l'exposition.

#### 4.4.2.6 CHANGEMENT DE PRATIQUES AU COURS DES DERNIERES ANNEES

Le secteur des espaces verts étant en forte évolution depuis la période d'inclusion des participants, cette partie sera dédiée à l'impact de la loi Labbé sur l'utilisation des pesticides

dans ce secteur. Dans le cadre de cette loi, des dérogations sur arrêtés préfectoraux sont prévues en cas de danger sanitaire grave pouvant menacer la pérennité du patrimoine historique ou biologique. Il sera alors demandé aux participants s'ils ont appliqué des pesticides dans le cadre de ces dérogations (**Figure 46**).

F3/ Après le 1<sup>er</sup> Janvier 2017, avez-vous été personnellement utilisé des fongicides, insecticides et/ou herbicides suite à une dérogation (arrêté préfectoral) ?

Oui  Non

F3.1/ Si oui, sur quelle(s) espèces ou nuisibles ?

	Nombre de traitements	Date du 1 <sup>er</sup> traitement	Durée moyenne en heures du traitement
<input type="checkbox"/> Chancres colorés du platane ( <i>Ceratocystis fimbriata</i> sp. platani)			
<input type="checkbox"/> Virus de la tristesse des agrumes ( <i>Citrus tristeza closterovirus</i> )			
<input type="checkbox"/> Hanneton japonais ( <i>Popillia japonica</i> )			
<input type="checkbox"/> Chancres bactériens de l'œillet ( <i>Pseudomonas caryophylli</i> )			
<input type="checkbox"/> Chancres suintants du pin (anamorphe <i>Fusarium circinatum</i> )			
<input type="checkbox"/> <i>Phytophthora ramorum</i>			
<input type="checkbox"/> Charançon rouge du palmier ( <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> )			
<input type="checkbox"/> Gale du bois ( <i>Citrus vein enation woody gall</i> )			
<input type="checkbox"/> Feu bactérien des rosacées ( <i>Erwinia amylovora</i> )			
<input type="checkbox"/> Autre Précisez : _____			

**FIGURE 46 :** EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS : DEROGATIONS DANS LE CADRE DE LA LOI LABBE - AGRICAN

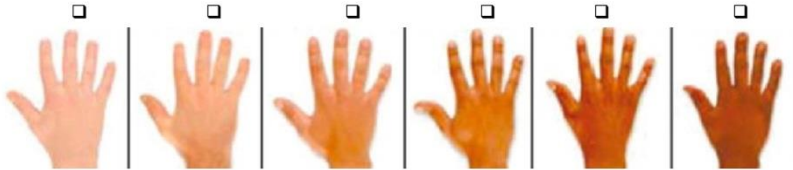
#### 4.4.2.7 DONNEES DE SANTE

La dernière section sera consacrée aux informations relatives à la santé et comportera des questions sur les antécédents de piqûre de tiques, les allergies aux végétaux, les intoxications aux pesticides, les accidents du travail, les déclarations en maladie professionnelle et les antécédents médicaux (mêmes questions qu'à l'inclusion et au suivi).

De plus, une partie sera dédiée aux expositions aux rayonnements ultra-violet du soleil (**Figure 47**). Une attention sera portée sur les expositions durant l'enfance, car elles sont reconnues comme étant déterminantes dans la survenue de cancer de la peau à l'âge adulte. Une distinction entre les expositions professionnelles et les non-professionnelles sera également faite.

EXPOSITIONS AU SOLEIL

- Quelle était la couleur naturelle de vos cheveux à 20 ans ?  
 Roux  Blond  Châtain  Brun  Noir
- Quelle est la couleur de vos yeux ?  
 Bleu/gris  Vert  Marron/noir
- Quelle est la couleur de votre peau avant toute exposition au soleil ?  
 Cocher la case correspondant à votre couleur de peau



- Avez-vous des tâches de rousseur ?  
 Aucune  Peu (seulement en été)  Quelques-unes (plutôt en été)  Beaucoup toute l'année
- Combien de grains de beauté avez-vous approximativement sur l'ensemble des 2 membres supérieurs (bras et avant-bras) ?  
 Aucun  Moins de 20  20 ou plus
- A l'âge adulte, quelle est la réaction de votre peau après une première exposition au soleil en dehors de toute protection solaire ?  
 Peu de réaction visible  Bronzage sans coup de soleil  Coups de soleil douloureux sans cloques  
 Légers coups de soleil suivis de bronzage  Coups de soleil sévères avec cloques
- Combien de coups de soleil avez-vous eu l'année dernière ? |\_|\_|
- Combien d'années au total avez-vous exercé une activité professionnelle en extérieur ? |\_|\_| années  
 8.1. En moyenne, combien de temps passez-vous (ou avez-vous passé) en extérieur dans le cadre professionnel ?

	Nombre de jours/mois	Nombre d'heures/jour
Printemps/été		
Automne/hiver		

- Pratiquez-vous (ou avez-vous) pratiqué une ou plusieurs activités de loisir en extérieur ?  Oui  Non  
 Si oui, complétez le tableau ci-dessous :

	Type d'activité	Date de début	Date de fin	Nombre de jours/mois	Nombre d'heures/jour
Activité 1					
Activité 2					
Activité 3					
Activité 4					

- Durant l'enfance, en dehors des activités scolaires, combien de temps avez-vous passé en extérieur ?

	Nombre de jours/mois	Nombre d'heures/jour
Printemps/été		
Automne/hiver		

- Lors d'exposition au soleil, quels comportements adoptez-vous pour vous en protéger ?

	Au travail	Lors d'activité de loisirs	Durant l'enfance
<b>Vêtements :</b>			
Couvre-chef	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
Tee-shirt manches longues	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
Pantalons/jupes long(ue)s	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
Autre, précisez : _____	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
<b>Crème solaire :</b>			
Indice de protection inférieur ou égal à 15	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
Indice de protection supérieur à 15	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas
<b>Privilégier les endroits ombragés</b>	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> Plus de 50% du temps <input type="checkbox"/> Moins de 50% du temps <input type="checkbox"/> Ne sait pas

- Avez-vous déjà utilisé des cabines de bronzage artificiel (cabines UV) ?  Oui  Non

Si oui, merci de préciser :  
 Date de début : |\_|\_|\_|\_| Date de fin : |\_|\_|\_|\_|  
 Nombre d'utilisation par an : |\_|\_| / an

- Avez-vous déjà été traité par photothérapie (traitements de maladies cutanées par la lumière) ?  Oui  Non

Si oui, merci de préciser :  
 Date de début : |\_|\_|\_|\_| Date de fin : |\_|\_|\_|\_|  
 Nombre de séances par an : |\_|\_| / an

- Avez-vous déjà été traité par radiothérapie ?  Oui  Non

Si oui, merci de préciser :  
 Date de début : |\_|\_|\_|\_| Date de fin : |\_|\_|\_|\_|  
 Nombre de séances par an : |\_|\_| / an

FIGURE 47 : EXTRAIT DU QUESTIONNAIRE SPECIFIQUE ESPACES VERTS - SECTION SUR LES EXPOSITIONS AU SOLEIL (AGRICAN)

### 4.4.3 ENVOI

Ce questionnaire sera envoyé à tous les participants d'Agrican identifiés comme travailleurs en espaces verts à partir de notre travail de thèse. Dans un premier temps, il sera envoyé par voie postale, mais une version en ligne sera également développée. Des relances téléphoniques seront prévues pour les participants n'ayant pas fait de retour.

Afin d'anticiper d'éventuels problèmes dans le remplissage du questionnaire, un premier envoi sera fait auprès d'un échantillon restreint. En fonction des réponses, des ajustements pourront être envisagés.

## 5 ESTIMER L'EXPOSITION AUX PESTICIDES EN CONDITIONS REELLES DE TRAVAIL

### 5.1 CONTEXTE

La mesure de l'exposition est centrale dans les études épidémiologiques, mais également en médecine du travail pour la mise en place de prévention adaptée. Les premières études d'expologie remontent aux années 1980 aux États-Unis et concernaient uniquement le secteur agricole. Des mesures en conditions réelles de travail ont été menées dans les cultures de plein champ (Abbott et al., 1987; Aprea et al., 2016; Hines, 2001; Wojeck et al., 1983), en vigne (Fustinoni et al., 2014; Wojeck et al., 1982), dans les vergers (Hansen et al., 1978; Karr et al., 1992; Kim et al., 2015) et dans les serres (Adamis et al., 1985; Fenske et al., 2003; Machera et al., 2003). Ces observations de terrain avaient pour objectif de définir les niveaux de contaminations cutanées et respiratoires et d'identifier les déterminants de l'exposition. Elles permettaient d'apporter également une meilleure compréhension des conditions normales de travail et d'identifier les écarts entre l'ordre prescrit par les bonnes pratiques agricoles recommandées par les industriels et la réalité de terrain. En France, il faudra attendre les années 2000 avec le programme Pestexpo pour voir se développer les premières études d'expologie en conditions réelles de travail. Ce programme a été développé conjointement entre l'équipe Epicene à Bordeaux et l'équipe Anticipa à Caen. Des études de terrains ont été déployées en Aquitaine et en Basse-Normandie entre 2000 et 2018 pour documenter les expositions aux agriculteurs lors de journée de traitement, de réentrée ou de récolte en plein champ (Lebailly et al., 2009), en vigne (Baldi et al., 2014a, 2012, 2006) et en pomiculture (Bureau et al., 2022). Ces études ont permis de connaître la distribution des contaminations cutanées en fonction des cultures, des tâches, du matériel d'application et des environnements de travail et d'identifier les déterminants associés au niveau de contamination. Ces travaux ont permis de mettre en évidence que les données d'exposition prédites par les modèles utilisés pour les homologations des pesticides n'étaient pas toujours en adéquation avec celles réalisées en conditions réelles de travail (Bresson et al., 2022). De plus, il a été démontré que le port d'EPI n'empêchait pas les contaminations et qu'il pouvait même être une cause de contamination dans certaines situations (Garrigou et al., 2011).

Dans le secteur des espaces, les études d'expologie sont rares. Or, elles sont déterminantes pour comprendre les expositions en conditions réelles de travail et développer des actions de préventions spécifiques. Dans ce contexte, à l'instar de ce qui a été réalisé dans le cadre du programme Pestexpo, des observations de terrains seront réalisées auprès de travailleurs en espaces verts. Ces observations in situ auront pour objectifs de documenter les conditions de travail dans ce secteur, quantifier les expositions cutanées et respiratoires lors de journées de traitement et de réentrée et identifier les déterminants de l'exposition associés

au niveau de contamination. Ces données pourront ensuite être utilisées pour construire des algorithmes permettant de calculer les niveaux d'exposition dans la matrice cultures-expositions Pestimat et dans les études épidémiologiques. Elles seront aussi utilisées pour mettre en place des actions de prévention adaptées à chaque situation de travail et proposer des alternatives dans les choix du matériel ou des EPI.

La première partie de ce chapitre sera consacrée à faire un état de l'art des études d'exposition réalisées dans le secteur des espaces verts afin d'identifier les méthodologies employées et les déterminants de l'exposition. Ces données seront utilisées par la suite pour l'élaboration du protocole de l'étude et pour confronter nos résultats avec la littérature. Ensuite, nous exposerons les résultats d'une enquête qualitative menée en 2021 auprès d'un échantillon de travailleurs en espaces verts. Cette enquête réalisée sous la forme d'entretiens semi-directifs avait pour objectif de mieux comprendre les pratiques professionnelles (environnement de travail, matériel utilisé, organisation des travailleurs, pesticides appliqués, etc.) afin d'adapter le protocole de l'étude de terrain qui sera présenté en suivant. Enfin, des premières observations ont été réalisées en 2022 et seront présentées dans la dernière partie. Les échantillons n'ayant pas encore été analysés, cette partie sera consacrée à décrire les observations et discuter le protocole choisi pour cette étude.

## 5.2 ÉTUDES D'EXPOSITION DANS LE SECTEUR DES ESPACES VERTS : ETAT DES CONNAISSANCES

### 5.2.1 METHODES

#### 5.2.1.1 RECHERCHE DE LA LITTÉRATURE

Nous avons réalisé un état de la littérature scientifique sur les mesures de l'exposition aux pesticides des travailleurs en espaces verts. La base de données PubMed a été interrogée le 30 novembre 2021. L'algorithme retenu était le suivant :

(gardener OR greenkeep\* OR horticultur\* OR floricultur\* OR "greenhouse worker" OR "plant nursery" OR "municipal worker" OR "road maintenance" OR "railway maintenance" OR flowers OR floricult\* OR "golf course" OR "lawn care" OR groundsman OR groundskeeper OR "pesticide applicators" OR "herbicide applicators") AND ("Occupational Exposure" OR "Occupational diseases" OR Pesticide\* OR herbicide OR fungicide OR insecticide OR "Biological Control Agents" OR Agro-chemical OR "Occupational Health" OR Neoplasm OR Mortality OR Morbidity OR Health)

Cette revue de la littérature suit les recommandations PRISMA (Page et al., 2021).



### 5.2.1.2 CRITERES D'ELIGIBILITE

Seuls les articles en langue anglaise et française étaient sélectionnés, et aucune restriction vis-à-vis de la date de publication n'a été appliquée.

Étaient exclues, les études réalisées chez des agriculteurs ou autres applicateurs de pesticides non liés au secteur de l'espace vert et en population générale.

Les voies d'exposition principales chez les applicateurs de pesticides étant les voies cutanée et respiratoire (Bureau et al., 2022; Lee et al., 2018; Moon et al., 2013). Les articles traitant de ces deux voies d'exposition étaient donc inclus. Les articles ne réalisant que des mesures biologiques étaient exclus pour plusieurs raisons. Premièrement, les mesures biologiques (urines, sang, cheveu, etc.) ne fournissent qu'une valeur globale de l'exposition. Il n'est pas possible de distinguer les différentes voies d'exposition, ni d'identifier les potentiels déterminants de l'exposition et les zones corporelles les plus exposées. Or, un des objectifs des études de terrain qui seront réalisées dans le cadre de ce projet est de proposer des mesures de prévention adaptée à chaque situation d'exposition. Des données biologiques d'exposition ne nous permettront pas de répondre à cet objectif. De plus, ces mesures ne sont pas adaptées aux pesticides à courte  $\frac{1}{2}$  vie et nécessitent de connaître la toxicocinétique de chaque matière active. Or, la plupart des études de toxicocinétique portent sur des modèles animaux. Enfin, une variabilité inter et intra-individuelle existe en ce qui concerne la métabolisation et l'élimination des pesticides et cette variabilité ne peut être prise en compte dans ce type d'étude. De même qu'il n'est pas possible de distinguer les autres sources potentielles d'exposition (résidentielles, environnementales, alimentation, etc.).

### 5.2.1.3 METHODE DE SELECTION DES ARTICLES

La première sélection a été réalisée sur lecture des titres seulement, puis sur lecture des résumés et enfin sur lecture complète de l'article. Les informations retenues étaient : i) les auteurs, date et pays où l'étude était réalisée; ii) l'environnement et/ou le type de cultures concernées; iii) le nom des matières actives, leur formulation et les doses; iv) les conditions d'observation (étude contrôlée ou en condition réelle de travail); v) la tâche observée (préparation de bouillie, application, nettoyage et réentrée); vi) le matériel d'application; vii) la méthode de mesure de l'exposition cutanée et respiratoire; viii) les autres mesures réalisées; ix) le nombre de travailleurs observés; x) les niveaux d'exposition mesurés et xi) les déterminants de l'exposition.

## 5.2.2 RESULTATS

### 5.2.2.1 SELECTION DES ARTICLES

La recherche menée sur PubMed a permis d'identifier 431 articles. Après lecture des titres et des résumés, 376 ont été exclus, car i) ne présentaient pas de mesure d'exposition (N=163); ii) étaient centrées sur l'exposition non professionnelle (N=80); iii) ne réalisaient que des mesures biologiques (N=44) ou des mesures de marqueurs génétiques (N=29); iv) étaient menées en laboratoire (N=8) ou sur animaux (N=34); v) ne mesuraient pas de pesticides (N=18).

Après lecture des textes intégraux des articles, 27 ont été exclus, car i) étaient réalisés auprès d'agriculteurs (N=11); ii) ne réalisaient que des mesures biologiques (N=5), mesures environnementales (N=5); iii) étaient réalisées en laboratoire (N=3); iv) ne proposaient pas de mesures (N=1), v) était une communication courte (N=1) ou ne présentait pas assez de détails dans la méthodologie ou les résultats (N=1).

Au total, 30 articles ont été retenus (**Figure 48**).

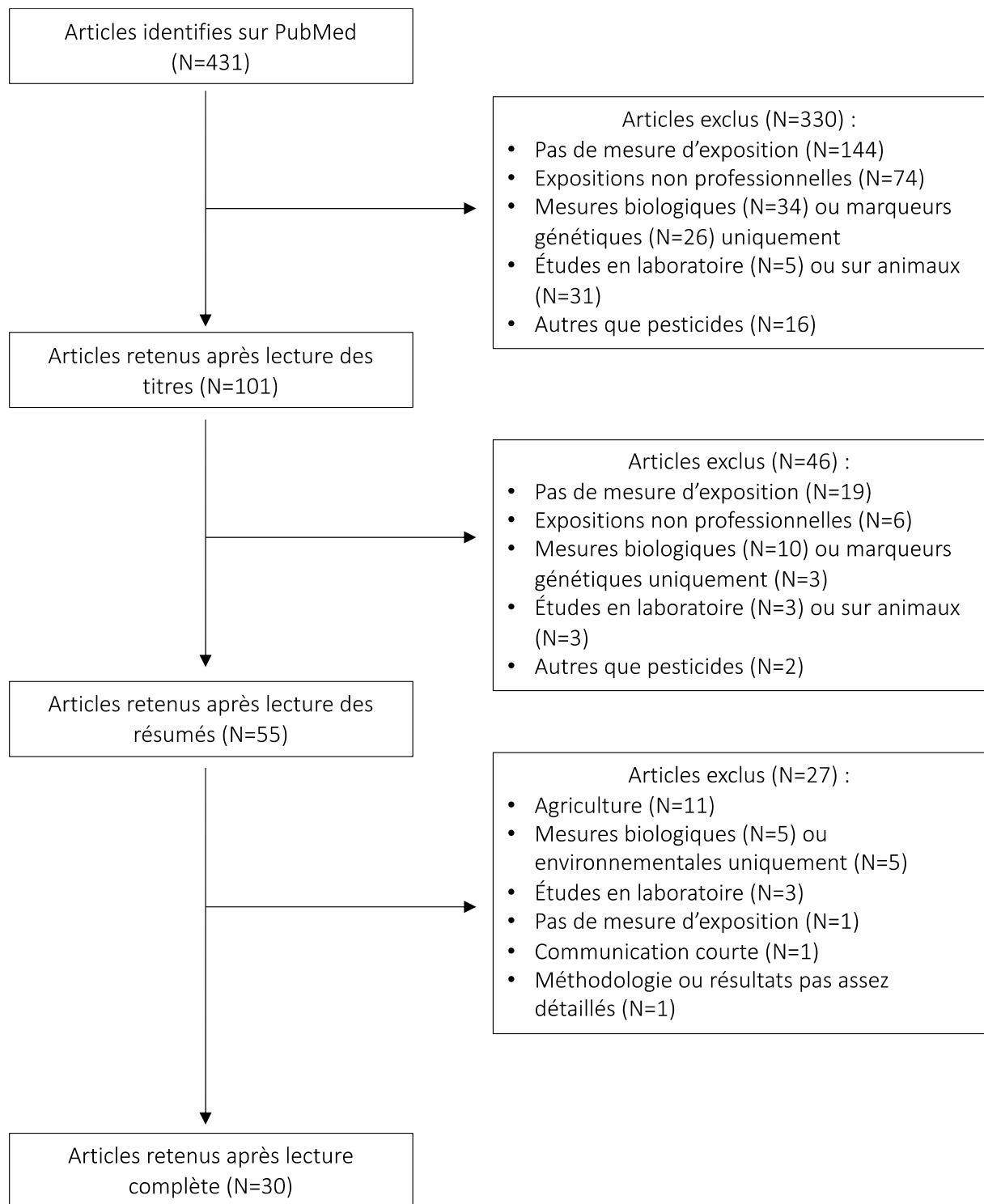


FIGURE 48 : DIAGRAMME DE FLUX DE LA SELECTION DES ARTICLES

### 5.2.2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES ETUDES SELECTIONNEES

La plupart des études étaient menées en Europe (N=18) et plus particulièrement en Italie (N=7), et aux Pays-Bas (N=4). Deux études étaient menées respectivement en France et en Finlande et une étude était conduite en Irlande. Dix études étaient réalisées en Amérique du Nord (sept aux États-Unis, deux au Canada et une dans ces deux pays). Enfin, trois études réalisées en Amérique du Sud ont été identifiées (deux en Argentine et une en Colombie). La très grande majorité des études étaient réalisées en floriculture sous serre (N=22).

Sept études étaient menées en extérieur sur des pelouses et dans les parcs publics ou en milieu urbain (abords de route, trottoirs, etc.). Les tâches observées concernaient la préparation et l'application dans 17 études, et la réentrée dans neuf études. Dans quatre études, ces deux tâches étaient observées et comparées entre elles et dans une étude, seule la préparation était observée. Le nombre de travailleurs observés variait de 2 à 94.

Concernant la méthodologie pour mesurer l'exposition cutanée, la très grande majorité des études utilisaient des patchs disposés sur différentes zones du corps (N=18) et six études réalisaient les mesures dans des combinaisons. Dans trois études, l'exposition des mains était la seule mesure réalisée. Dans une étude, les auteurs ont mesuré l'exposition en réalisation des essuyages avec des lingettes (mains et région périorale) et dans deux études, un système d'images vidéo couplé à un traceur était employé (*Video Imaging Technique to Assess Exposure*–VITAE). L'exposition des mains a été mesurée autant de fois en utilisant des gants en coton qu'en réalisant des lavages de main avec de l'éthanol (13 études respectivement). Dans deux études, des lingettes ont été utilisées pour nettoyer les mains et dans quatre études, cette mesure n'a pas été réalisée. L'exposition respiratoire a été mesurée dans 25 études grâce à des capteurs disposés le plus souvent dans la zone respiratoire et associés à des pompes portatives régulant un flux d'air. En complément des mesures citées ci-dessus, les résidus foliaires ont été collectés dans neuf études et des dosages urinaires ont été réalisés dans sept études.

Dans huit études, ce sont des insecticides qui étaient mesurés, dans sept des fongicides et dans quatre des herbicides. Dix études ont mesuré à la fois des insecticides, fongicides et herbicides. Enfin, dans deux études, ce sont des traceurs ou des colorants qui étaient utilisés pour estimer l'exposition.

### 5.2.2.3 SYNTHÈSE DES ARTICLES

#### 5.2.2.3.1 PRÉPARATION ET/OU APPLICATION EN EXTÉRIEUR

Les expositions cutanées et/ou respiratoires lors d'applications en extérieur ont été analysées dans sept études : trois concernaient l'application d'herbicides sur pelouse et espaces urbains et deux concernaient l'application d'insecticides sur pelouse (**Tableau 60**).

Trois études se sont intéressées à l'application de glyphosate par des employés municipaux et jardiniers particuliers en milieu urbain (Connolly et al., 2019; Johnson et al., 2004; Boulanger et al. [soumission en cours]). L'exposition cutanée était évaluée selon trois protocoles utilisant des dosimètres différents : i) patchs et gants en coton (Johnson et al., 2004); ii) combinaisons et gants en coton (Boulanger et al.) et iii) essuyage des mains et zone péri-orale avec lingettes imbibées d'alcool polyvinylique (Connolly et al., 2019). Dans l'étude de Johnson et al., l'application était réalisée soit avec un pulvérisateur porté sur tracteur, équipé d'une rampe devant et d'une lance, soit avec un pulvérisateur à dos équipé d'un applicateur par gouttelettes contrôlées. Les expositions cutanées et respiratoires étaient plus importantes avec le pulvérisateur sur tracteur et dans les deux cas, ce sont les jambes qui étaient les plus exposées (74,1 % de l'exposition cutanée lors de l'utilisation du tracteur et 84,7 % lors de l'utilisation du pulvérisateur à dos). Dans l'étude de Connolly et al., l'application de glyphosate était réalisée avec un pulvérisateur à dos équipé d'une lance à main sous pression ou à gouttelettes contrôlées. Les expositions mesurées dans les lingettes ou dans les urines étaient supérieures lorsque le travailleur utilisait la lance à main sous pression. En France, l'étude de Boulanger et al. évaluait l'exposition lors l'application avec un pulvérisateur à dos. Les mains représentaient 91,1 % de l'exposition cutanée totale lors de la préparation contre 31,2 % lors de l'application. Le dos était la deuxième zone du corps la plus exposée lors de l'application (14,3 %). Les déterminants de l'exposition identifiés dans cette étude étaient la quantité de matière active appliquée, la durée de la préparation et le fait d'être un jardinier pour des particuliers par rapport aux employés municipaux. Le changement de buse l'année passée était associé à une diminution de l'exposition.

En France également, une autre étude s'est intéressée à l'exposition à divers pesticides chez des employés municipaux (Anses, 2011; Delhomme et al., 2011). L'exposition cutanée était mesurée ici grâce à des patchs et des essuyages de mains avec des compresses imbibées de propanol-2-ol. Les applications étaient réalisées avec des pulvérisateurs à dos ou pulvérisateurs motorisés, et 13 matières actives étaient investiguées : sept herbicides (glyphosate, glufosinate, 2,4-MCPA, 2,4-D, trichlopyr, fluoroxypr, clopyralid, oxadiazinon et diflufenicanil), deux fongicides (cyprodinil et fludioxonil) et deux insecticides (bifenthrine et pyriproxyfen). Quelle que soit la matière active, les expositions étaient supérieures avec

l'utilisation d'un pulvérisateur à dos. Les zones les plus exposées étaient la tête, la nuque et le cou (37,6 % de l'exposition cutanée totale) et les avant-bras (28,1 %), quels que soient le type de matériel utilisé et la matière active appliquée. Pour le glyphosate, la tête, la nuque et le cou étaient toujours les zones les plus exposées (45 %), mais les jambes arrivaient en deuxième position (33 %). Les déterminants de l'exposition identifiés ici étaient le matériel d'application, la concentration initiale et la quantité de la substance active appliquée.

L'application de pesticides sur pelouse a été analysée dans trois études réalisées au sein d'entreprises spécialisées dans l'entretien des pelouses (*ChemLaw company* et/ou *N'Green company*). La première s'est intéressée à un herbicide, le dithiopyr et l'exposition cutanée était mesurée en utilisant des patchs et des lavages de main (Cowell et al., 1991). La seconde étude, quant à elle, a quantifié l'exposition cutanée dans des combinaisons et des gants à l'aide d'un colorant censé mimer l'insecticide organophosphoré Dursban contenant du chlorpyrifos (Slocum and Shern, 1991). La troisième étude mesurait l'exposition au diazinon et trichlorfon à l'aide de patchs (Freeborg et al., 1985). Dans les trois études, les mesures n'étaient pas réalisées en conditions réelles de travail et l'application était réalisée avec un pistolet pulvérisateur (ainsi qu'un épandeur rotatif dans l'étude de Freeborg et al.). Dans l'étude de Cowell et al., l'exposition cutanée était plus importante lorsque le travailleur portait des manches courtes. Dans les deux premières études, la zone du corps la plus exposée était encore une fois les jambes. Pour Slocum et Shern, l'exposition était plus faible lorsque le débit du pulvérisateur était réduit. Dans l'étude de Freeborg et al., le diazinon était davantage détecté que le trichlorfon et les zones du corps les plus exposées étaient le poignet et l'intérieur de la cuisse.

**TABLEAU 60 : ÉTUDES D'EXPOLOGIE REALISEES LORS DE TRAITEMENT EN EXTERIEUR DANS LE SECTEUR DES ESPACES VERTS**

Auteurs, année, pays	Environnement	Matière active	Contrôlé	Matériel d'application	Exposition cutanée	Autres mesures	N	Résultats
<b>Johnson 2004,</b> Royaume-Uni	Milieu urbain	Glyphosate	Non	Pulvérisateur porté sur tracteur/pulvérisateur à dos avec applicateur par gouttelettes contrôlées (AGC)	Patchs (N=7), gants et chaussettes en coton	Respiratoire	33	Pulvérisateur sur tracteur : EPC <sup>1</sup> moy [min-max] : - Totale = 2,0 [0,7-6,8] ml/h - Mains = 3,0 [0,6-13,6] mL/h Pulvérisateur à dos (ml/h) : - Totale = 0,133 [0,003-0,826] - Mains = 0,004 [0,001-0,060]
<b>Connolly 2019,</b> Ireland	Milieu urbain	Glyphosate	Non	Pulvérisateur à dos avec lance manuelle, pressurisée ou AGC	Lingettes pour mains et région périorale et gants jetables et réutilisables	Biomonitoring urinaire et lingettes sur surface de travail	20	[C] moy ( $\mu\text{g cm}^{-2}$ ) : - Zone périorale = $0,01 \pm 9,05$ - Main gauche/droite = $0,04 \pm 9,21/0,05 \pm 8,73$ Exposition : Lance pressurisée > AGCG > manuel
<b>Boulangier,</b> France	Milieu urbain	Glyphosate	Non	Pulvérisateur à dos	Combinaison, sous-vêtements et gants en coton	Respiratoire	24	Contamination corporelle totale med = 5226 $\mu\text{g}$ (diff. sign. avec et sans EPI, $p=0,03$ ) [C] med [min-max] = 1767 [531-27 028] $\mu\text{g/h}$ Zones exposées : - Préparation : mains (91,1 %) - Application : mains (31,2 %) et dos (14,3 %)
<b>Delhomme 2011,</b> France	Milieu urbain	Glyphosate, cyprodinil, fludioxonil, oxadiazinon, diflufenicanil, bifenthrine, pyriproxifene, clopyralid,	Non	Pulvérisateur à dos ou motorisé	Patchs (N=12) et essuyage des mains avec	Respiratoire et biomonitoring urinaire	9	Toutes substances confondues :

		2,4-MCPA, 2,4D, triclopyr, fluroxypyr			compresses (propranol-2-ol)			Exposition cutanée pulvérisateur à dos > motorisé Zones exposées : tête et nuque/cou (37,6 %) et avant- bras (28,1 %)
<b>Cowell, USA</b> •	Pelouse	Dithiopyr	Oui (scénario et EPI imposés)	Lance de pulvérisation	Patchs (N=10) et lavage de main (éthanol)	Respiratoire et Biomonitoring urinaire	18	EPC moy (mg/kg/lb m. a <sup>4</sup> ) : - Manches longues = 8,09 .10 <sup>-5</sup> - Manches courtes = 3,62 .10 <sup>-4</sup> Zones exposées : jambes
<b>Slocum et Shern, 1991,</b> USA •	Pelouse	Colorant (FD&C Blue)	Oui (scénario et vêtements imposés)	Lance de pulvérisation	Combinaison et gants en coton	-	8	Dépôt total moy (µg cm <sup>-2</sup> ) : - Expérimentés (N=4) = 0,350 ± 0,624 - Novices (N=4) = 0,261 ± 0,477 Zones exposées : jambes (59 %), mains (28 %)
<b>Freeborg 1985, USA</b>	Pelouse	Diazinon et Trichlorfon	Non	Lance de pulvérisation et épandeur rotatif	Patchs (N=10)	Respiratoire	4	Pas de moyenne fournie Zones exposées : - Diazinon : poignets et intérieur cuisse - Trichlorfon : Cuisses et cheville

<sup>1</sup> Exposition potentielle cutanée

- Éventuels conflits d'intérêt avec l'industrie des produits phytopharmaceutiques



#### 5.2.2.3.2 APPLICATION SOUS SERRE

Dix études centrées sur les applications sous serre ont été identifiées, au cours desquelles un pulvérisateur relié à une cuve fixe (pulvérisateur non porté) était le matériel le plus souvent utilisé (**Tableau 61**).

Une équipe américaine (Floride) a réalisé de nombreuses études de mesures des expositions professionnelles aux pesticides. Des mesures environnementales et sur les travailleurs ont ainsi été menées dans plusieurs contextes agricoles et notamment chez des cultivateurs d'agrumes (de Batista et al., 1985; Nigg et al., 1990; Nigg and Stamper, 1983; Wojcek et al., 1981). Trois études réalisées en floriculture (culture de chrysanthèmes et violettes africaines) ont été identifiées (Nigg et al., 1993; Stamper et al., 1989a, 1989b). L'exposition cutanée était mesurée grâce à deux séries de patches placés à l'intérieur et à l'extérieur des EPI et l'exposition des mains était estimée à partir d'un lavage de main. L'exposition respiratoire n'était estimée que dans l'étude de Stamper et al., 1989 a en utilisant des filtres en mousse polyuréthane reliés à des pompes portatives. Dans cette première étude, l'application était effectuée avec une lance composée de 6 buses et attachée par un long tuyau à une cuve équipée d'une pompe. L'exposition cutanée la plus importante était trouvée pour le fluvalinate. Les auteurs expliquaient ce résultat par le temps de mélange plus long pour cette matière active. Concernant la pénétration des molécules à travers les EPI, des variations entre les matières actives ont été observées : l'éthazol présentant une vitesse de pénétration plus élevée, il était donc plus fréquemment quantifié. Dans une seconde étude, l'application était réalisée à l'aide d'une lance composée d'une seule buse cette fois (Stamper et al., 1989b). Par rapport au chlorpyrifos et éthazol, l'exposition cutanée était toujours plus importante avec le fluvalinate. Cependant, à la différence de la première étude, le chlorothalonil était mesuré ici et l'exposition cutanée était la plus élevée avec cette matière active. Dans une troisième étude, l'exposition de trois applicateurs différents a été mesurée (Nigg et al., 1993). Quelle que soit la matière active évaluée, l'exposition des opérateurs augmentait avec la taille des gouttelettes produites par le pulvérisateur.

Deux autres études réalisées sur la culture de chrysanthèmes ont été identifiées. La première réalisée aux Pays-Bas a mesuré l'exposition au méthomyl lors d'application avec une lance composée d'une seule buse (de Vreede et al., 1998). Il ressort de cette analyse une exposition au niveau des mains plus importante lors de la préparation par rapport à l'application (la concentration moyenne était respectivement de 13 100 µg/h et 700 µg/h sur les gants en coton). Dans l'étude canadienne d'Archibald, l'application mettait en œuvre deux techniques : une application à haut débit avec un pulvérisateur à main hydraulique et une application à faible débit avec un pulvérisateur de type brumisateur (Archibald et al., 1995). En

conditions réelles de travail (port d'EPI non imposé), les opérateurs étaient plus exposés lors d'application à faible débit tandis que lorsque le port des EPI était imposé, l'exposition était plus importante avec le matériel à haut volume. Les mains suivies des avant-bras étaient les parties du corps les plus contaminées.

En Italie, des observations ont été réalisées dans des conditions contrôlées (Capri et al., 1999). L'application était effectuée selon deux scénarii avec un applicateur hydraulique à main équipé d'une seule buse et relié à une pompe stationnaire : i) pulvérisation vers le bas avec l'opérateur au centre de la serre et ii) pulvérisation vers le bas et le haut en effectuant des allers-retours entre les rangs. L'exposition cutanée, mesurée à l'aide d'une combinaison et de gants en coton, était plus importante dans le deuxième scénario avec une exposition importante au niveau des jambes (33,2 % de l'exposition cutanée totale) et des mains (20 %). Le fait de circuler entre les rangs et d'orienter la lance vers le haut semblerait augmenter l'exposition. Dans le premier scénario, l'exposition des mains représentait 89,5 % de l'exposition cutanée totale. Dans les deux cas, l'exposition était plus élevée à l'application qu'à la préparation. Il est important de noter que l'exposition cutanée à la préparation n'a été mesurée que sur les gants en coton, les autres parties du corps n'ayant pas été échantillonnées.

Toujours en conditions contrôlées, dans une serre de production de roses en Colombie, l'exposition lors d'application avec un pulvérisateur à cinq buses reliée à une pompe à piston a été estimée grâce à un traceur (l'urarine) et une analyse de flux (*Flow analysis methodology*) (Lesmes-Fabian and Binder, 2013). Cette méthode se base sur la loi de conservation de masse et étudie le flux d'une substance lors de différents processus d'application. Grâce à un modèle, les auteurs ont pu déterminer que 99,9 % de l'exposition cutanée se produisaient à l'application et que les avant-bras et mains étaient les plus contaminés.

L'exposition lors de l'application de deux insecticides (malathion et deltaméthrine) et d'un fongicide (iprodione) avec une lance sur des rosiers a été évaluée dans l'étude de (Tuomainen et al., 2002). Concernant l'exposition du corps (excepté les mains), elle était supérieure lors de la préparation par rapport à l'application pour les trois matières actives. L'exposition des mains était supérieure à la préparation pour l'iprodione et la deltaméthrine, mais pas pour le malathion. Cette différence peut s'expliquer par une contamination accidentelle d'une main lors de l'application avec le malathion. L'exposition respiratoire la plus élevée a été retrouvée pour le malathion à la préparation. Cette forte exposition peut être expliquée par une concentration plus importante dans la spécialité commerciale et dans la cuve pour cette matière active par rapport aux deux autres.

À la préparation, les mains correspondaient à 99,4 % de l'exposition tandis que leur contribution n'était que de 18,2 % à l'application. Les jambes étaient les plus contaminées lors

de cette phase (60,4 % de l'exposition). L'exposition respiratoire était plus importante lors de l'application, mais avec des doses très faibles.

L'application sous serre avec des pulvérisateurs à dos a été analysée dans deux études. La première comparait l'application d'endosulfan et de procymidone avec un pulvérisateur à dos manuel et un motorisé (Flores et al., 2011). L'exposition cutanée était plus importante à la préparation, quel que soit le type d'applicateur. À l'application, l'exposition était plus importante avec l'applicateur manuel, mais la différence n'était pas significative. Les zones du corps les plus exposées étaient le thorax, les avant-bras et les mains. Pour la préparation, seule l'exposition des mains était évaluée. Dans l'étude de Fenske et al., 1987, l'application était réalisée avec un pulvérisateur à dos, à main ou via une lance reliée à une cuve. La phase de préparation était également la plus exposante. Pour les deux tâches, la tête et le cou étaient les zones les plus contaminées. Les mains ne représentaient que 6,3 % et 5,7 % de l'exposition cutanée à la préparation et à l'application respectivement. Bien que plusieurs types de matériel d'application aient été décrits, aucune distinction dans les analyses n'a été faite.

**TABLEAU 61 : ÉTUDES D'EXPOLOGIE REALISEES LORS DE TRAITEMENT SOUS SERRE**

Auteurs, année, pays	Culture	Matière active	Contrôlé	Matériel/technique d'application	Exposition cutanée	Autres mesures	N	Résultats
<b>Stamper 1989a</b> , USA	Chrysanthèmes et violettes africaines	Fluvalinate, chlorpyrifos, éthazol, dicofol	Non	Lance de pulvérisation (6 buses)	Patchs intérieur et extérieur (N=10 x 2) et lavage de mains (éthanol)	Respiratoire	4	Accumulation corporelle totale estimée, normalisée sur le débit (mg/kg m. a <sup>-1</sup> ) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluvalinate = 851 ± 288 (cuisses)</li> <li>- Chlorpyrifos = 269 ± 56 (avant-bras)</li> <li>- Ethazol = 49 ± 13 (poitrine)</li> <li>- Dicofol = 285 ± 82 (avant-bras)</li> </ul>
<b>Stamper 1989 b</b> , USA	Chrysanthèmes et violettes africaines	Fluvalinate, chlorpyrifos, éthazol, chlorthalonil	Non	Lance de pulvérisation (1 buse)	Patchs intérieur et extérieur (N=10 x 2) et lavage de mains (éthanol)	Respiratoire	2	Accumulation corporelle totale estimée, normalisée sur le débit (mg/kg m. a) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluvalinate = 125 ± 116</li> <li>- Chlorpyrifos = 80 ± 27</li> <li>- Ethazol = 28 ± 28</li> <li>- Chlorthalonil = 384 ± 115</li> </ul> Jambes : 94 ± 3 % de l'exposition corporelle
<b>Nigg 1993</b> , USA	Chrysanthèmes et violettes africaines	Fluvalinate, chlorpyrifos, éthazol	Non	Lance de pulvérisation à fines gouttelettes (A1), fumigène (A2) ou brouillard (A3)	Patchs intérieur et extérieur (N=10 x 2)	-	3	Accumulation corporelle totale estimée, normalisée sur le débit (mg/kg m. a) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fluvalinate (A1/A2/A3) = 994 ± 391/1126 ± 320/175 ± 49</li> <li>- Chlorpyrifos (A1/A2/A3) = 401 ± 167/686 ± 160/185</li> <li>- Ethazol (A1/A2) = 166 ± 50/668 ± 102</li> </ul>
<b>De Vreede 1998</b> , Pays-Bas	Chrysanthèmes	Méthomyl	Non	Lance de pulvérisation (1 buse)	Combinaison, sous-vêtements et gants en coton	Respiratoire	20	EPC <sup>2</sup> moy (µg/h) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mains (préparation/application) = 13 110 ± 7,1)/760 ± 4,9</li> <li>- Combinaison = 1710 ± 3,1</li> <li>- Sous-vêtements = 40 ± 4,4</li> </ul> Zones exposées : mains (37 %) et cuisses (36 %)
<b>Archibald 1995</b> , Canada	Chrysanthèmes	Pirimicarbe et deltaméthrine	Oui (EPI imposés) et non	Applicateur à main hydraulique (haut volume) et applicateur brumisateur (bas volume)	Dépôts sur sous-vêtements, patchs intérieur et extérieur (N=8 x 2)	Respiratoire et Biomonitoring urinaire	5	Dépôt moy en conditions normales/conditions contrôlées (µg/personne) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haut débit = 164 ± 130/162 ± 114</li> <li>- Bas débit = 2224 ± 2484)/142 ± 67</li> </ul> Zones exposées : mains (entre 35 et 50 %)

<b>Capri, 1999,</b> Italie •	Hortensia et marguerites	Procymidone	Oui	Applicateur hydraulique à main (1 buse) 2 scénarii : Pulvérisation vers le bas, opérateur au centre (A1) Pulvérisation de bas en haut avec aller-retour (A2)	Combinaison et gants en coton	Respiratoire	2	EPC ( $\mu\text{g}$ ) à la préparation : - A1 = 38,7 - A2 = 237,3 À l'application : - A1 = 308,9 - A2 = 1507 Zones exposées : - A1: mains (89,5%) - A2 : jambes (33,2 %)
<b>Lesmes- Fabian 2013,</b> Colombie	Roses	Traceur uranine	Oui (EPI imposés)	Lance à 5 buses	Combinaison et gants	Respiratoire	3	Estimation via méthode d'analyse des flux : EPC (mg/8 h) : - Préparation = 3,64 $\pm$ 2,52 - Application = 4960 $\pm$ 2493 Zones exposées : mains et avant-bras
<b>Tuomainen 2002,</b> Finlande	Roses	Malathion, deltaméthrine, iprodione	Non	Lance à main	Patchs (N=14) et gants en coton	Respiratoire	9	EPC moyenne (mg/kg m.a.) à la préparation : - Malathion = 201,3 - Deltaméthrine = 935,4 - Iprodione = 70,8 Zones exposées : mains (99,44 %)  À l'application : - Malathion = 899,5 - Deltaméthrine = 345,5 - Iprodione = 1459,1 Zones exposées : jambes (60,4 %)
<b>Flores 2011,</b> Argentine	Différents types de fleurs	Endosulfan et procymidone	Oui (EPI imposés)	Pulvérisateur à dos manuel ou motorisé	Combinaison et gants en coton	-	7	EPC moy (pour 20 L de m.a. appliquée) : - Préparation = 66,7 $\pm$ 73,2 mg - Application = 7,2 $\pm$ 9,0 mg • Pulvérisateur manuel = 51,5 $\pm$ 70,9 mL/h • Motorisé = 28,6 $\pm$ 16,7 mL/h Zones exposées : poitrine, mains et avant-bras
<b>Fenske 1987,</b> USA	Azalea	Fosétyl-Al	Oui (EPI, matériel, quantité de m.a., nombre d'applicat	Pulvérisateur à dos et à main	Patchs intérieur et extérieur (N=10x2)	Respiratoire	-	EPC moy (patchs intérieurs) ( $\mu\text{g}/\text{h}$ ) : - Préparation = 263,4 - Application = 250,4 PDE mains ( $\mu\text{g}/\text{h}$ ) : - Préparation = 35,6 - Application = 23,6

<b>Berenstein 2014, Argentine</b>	Flours (et légumes)	Captan, deltaméthrine, procymidone et endosulfan	ions imposé) Non	Préparation pour pulvérisateur à dos	Gants en coton	-	7 (fleurs)	Zones exposées : avant-bras pour les deux phases ~50 %) % EPC moy en floriculture : = 1,25 ± 0,77 Exposition > pour formulation liquide (vs. solide)
---	------------------------	---	------------------------	---	----------------	---	---------------	---

<sup>1</sup> matière active

<sup>2</sup> Exposition potentielle cutanée

- Éventuels conflits d'intérêt avec l'industrie des produits phytopharmaceutiques

### 5.2.2.3.3 REENTREE SOUS SERRE

Neuf études d'expologie réalisées lors de travaux de réentrée (travail au contact des végétaux après les applications) sous serre ont été identifiées (**Tableau 62**).

L'exposition lors de tâches de réentrée sous serre a été analysée par une même équipe italienne et décrite dans cinq études (Aprea et al., 2009, 2005, 2002, 2001, 1999). Entre quatre et dix travailleurs étaient suivis lors de différentes tâches pendant cinq jours suivant une application. L'exposition cutanée était mesurée grâce à des patches (nombre variable selon les études) et des lavages de mains à l'éthanol; et l'exposition respiratoire à l'aide capteurs placés près des voies respiratoires et reliés à des pompes portatives. Des dosages urinaires et des mesures des résidus foliaires étaient également réalisés.

Dans quatre études, la tâche de réentrée observée consistait à agraffer des plantes (*Scindapsus* ou vigne ornementale) sur des supports. Dans une première étude, les contaminations après application de fénitrothion avec un brumisateuse ont été analysées (Aprea et al., 1999). Quelle que soit la voie d'exposition, les doses reçues diminuaient au cours de la semaine, mais n'étaient jamais nulles malgré des délais de réentrée compris entre 38 h et 5 jours. Une seconde étude réalisée sur l'exposition au chlorothalonil après application manuelle a montré, quant à elle, une faible diminution des doses cutanées et respiratoires au cours de la semaine (Aprea et al., 2002). Les mains et le devant des cuisses comptaient respectivement pour 51,9 % et 30,1 % de l'exposition cutanée. Deux études se sont intéressées à comparer différents environnements de travail. L'exposition après application d'ométhoate a été mesurée dans deux tunnels différents (Aprea et al., 2005). Quelle que soit la zone du corps considérée (visage, corps et mains), l'exposition était bien supérieure dans le tunnel présentant le plus fort taux d'humidité. Les avant-bras étaient les zones les plus contaminées (entre 32,4 et 59,2 % de l'exposition selon le tunnel) et les mains ne représentaient que 9 % de l'exposition. L'autre étude réalisée en 2009 concernait l'exposition sous serre ou tunnel après application d'imidaclopride (Aprea et al., 2009). Les zones les plus exposées variaient selon l'environnement de travail : il s'agissait du visage et du corps pour le travail en tunnel et des mains pour le travail sous serre. Quel que soit l'environnement, la partie du corps, autre que les mains, la plus exposée était le devant des cuisses. Les mains quant à elles représentaient 36 % de la dose cutanée pour le travail en tunnel et 84 % pour le travail sous serre. D'après les auteurs de cette étude, les différences observées entre les deux environnements ne sont apparemment pas dues à un taux d'humidité ou température différent, mais plutôt à la hauteur des plantes et la position du travailleur.

D'autres tâches que l'agrafage ont été analysées par cette même équipe : la mise en place et le déplacement des pots, la sélection des plantes, l'arrosage et d'autres tâches non

spécifiées (Aprea et al., 2001). Trois matières actives ont été investiguées : l'ométhoate, le fénitrothion et le tolclofos méthyl. Pour l'ométhoate et le fénitrothion, les mains contribuaient à 65 % et 92,6 % de la dose cutanée reçue. Pour le tolclofos méthyl, c'était les parties du corps protégées par une combinaison qui étaient les plus exposées (63,2 % de l'exposition cutanée totale). La comparaison des différentes tâches de réentrée est difficile, car les travailleurs réalisaient des tâches différentes tous les jours, dans différentes serres traitées avec des quantités de pesticide variables. De plus, le matériel et le type d'application n'étaient pas précisés.

Parmi les cinq études décrites précédemment, une seule a montré que la voie respiratoire était majeure : la dose absorbée par inhalation comptait pour plus de 90 % de la dose totale absorbée (Aprea et al., 1999).

Aux Pays-Bas, l'exposition à différentes matières actives a été mesurée lors de tâches de réentrée dans des serres d'œillets et de roses (R. Brouwer et al., 1992a, 1992b). L'exposition cutanée n'a été mesurée que sur les mains et avant-bras à l'aide de gants en coton remontant jusqu'au coude. Lors de la taille des œillets, la contamination cutanée était systématiquement supérieure pour les matières actives appliquées sous forme liquide par rapport à l'application de formes solides (poudrage) (R. Brouwer et al., 1992a). Concernant la taille, le tri et la mise en bouquet des roses, les contaminations variaient peu entre les trois tâches, quelle que soit la matière active. Aucune comparaison selon les différents modes d'application n'a été menée.

L'exposition au pirimicarbe (couplé avec un traceur fluorescent) lors de la mise en bouquet des chrysanthèmes a été estimée en analysant des vidéos de dépôts sur les vêtements (Archibald et al., 1994). Il a été démontré que l'exposition des mains augmentait avec le temps de contact. Elle représentait 42 % de l'exposition cutanée et les bras 40 %.

Dans une étude finlandaise, la contamination au mévinfos a été mesurée après application selon différentes méthodes : avec un pulvérisateur manuel, un fumigène et un brumisateur (Kangas et al., 1993). Différents délais de réentrée étaient considérés pour réaliser les mesures : tout de suite après et jusqu'à deux jours après l'application. Une diminution de l'exposition cutanée et respiratoire au cours du temps a été observée, mais la matière active restait détectable même après 40 h (le seuil de détection était de 0,01 ng/ $\mu$ L). L'exposition semblait plus importante lorsque l'application était réalisée avec le pulvérisateur manuel.



**TABLEAU 62 : ÉTUDES D'EXPOLOGIE REALISEE LORS DE TACHES DE REENTREE SOUS SERRE**

Auteurs, année, pays	Cultures et tâches	Matière active	Contrôlé	Matériel d'application, délai de réentrée	Exposition cutanée	Autres mesures	N	Résultats
<b>Aprea 1999,</b> Italie	Scindapsus* — agrafage	Fenitrothion	Non	Fumigène — 38 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=3), lavages des mains (éthanol)	Respiratoire, biomonitoring urinaire et résidus foliaires délogeables	5	Exposition cutanée totale moy (nnol) : - Lundi = 51,86 - Mercredi = 29,16 - Vendredi = 23,26
<b>Aprea 2001,</b> Italie	Plantes ornementales — mise en place des pots, sélection des plantes, arrosage	Ométhoate, Fénitrothion et tolclofos- methyl	Non	Matériel non précisé — délais de réentrée variables (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage des mains (éthanol)	Idem Aprea 1999	4	Pas de valeur moyenne fournie Exposition corps et visage ométhoate > fénitrothion > tolclofos-méthyl
<b>Aprea 2002,</b> Italie	Scindapsus*, agrafage	Chlorothalonil	Non	Applicateur manuel — 38 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage de mains (éthanol)	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	5	Exposition cutanée totale moyenne (µg) : - Lundi = 386,25 ± 295,91 - Mercredi = 341,93 ± 55,74 - Vendredi = 346,25 ± 23,32 Zones exposées : mains (51,9 %) et cuisses (30,1 %)
<b>Aprea 2005,</b> Italie	Vignes ornementales — agrafage dans 2 tunnels (T1 et T2)	Ométhoate	Non	Matériel d'application non précisé — 37 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage de mains (éthanol)	Idem Aprea 1999	4	Exposition cutanée totale moy (nmol) : - T1 = 4273,7 ± 4507,4 - T2 = 877,91 ± 631,17 Zones exposées : avant-bras (59,2 dans T1 et 18,1 % dans T2)
<b>Aprea 2009,</b> Italie	Scindapsus* — agrafage dans serre et tunnel	Imidaclopride	Non	Matériel d'application non précisé — 45 h (suivi 5 jours)	Patchs intérieur (N=9) et extérieur (N=4) et lavage de mains (éthanol)	Idem Aprea 2002	10	Exposition cutanée totale moy (µg) : - Tunnel = 162 ± 266,94 - Serre = 162,45 ± 105,64 Zones exposées : mains dans serres (84 %) peau exposée (36 %)
<b>Brouwer 1992 b,</b> Pays-Bas	Œillet — Taille	Chlorothalonil, thiophanate methyl, thiram et zineb	Non	Poudrage (thiram et zineb, chlorothalonil) Pulvérisation (thiophanate)	Gants en coton remontant au coude	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	94	Exposition cutanée moy (mg/h) : - Chlorothalonil (pouv. /poudre) = 14,4 ± 2,3/4.4 ± 3.3 - Thiophanate methyl = 16.1 ± 2.0 - Thiram = 10.4 ± 2.5

				methyl, chlorothalonil) Brumisation (chlorothalonil) — 35 h				- Zineb = 7,1 ± 3,6
<b>Brouwer 1992,</b> Pays-Bas	Rose — Taille (T1), tri (T2) et empaquetage (E)	Abamectine, dodémorphe, bupirimate	Non	Brumisateur à bas volume ou pulvérisateur haut volume — 23 h	Gants en coton remontant au coude	Résidus foliaires délogeables	T1 : 75 T2 : 21 E : 30	Exposition cutanée moy (mg/h) : - Abamectine (T1/T2/E) = 0,013 ± 2/0,018 ± 3,3/0,018 ± 4,3 - Dodémorphe (T1/T2/E) = 1,8 ± 1,7/1,9 ± 2,3/1,9 ± 2,2 - Bupirimate (T1) = 2,2 ± 2,0
<b>Archibald 1994,</b> Canada	Chrysanthème — empaquetage	Pirimicarbe (et traceur)	Non	Application grand volume — 36 à 48 h	Dépôt traceur sur vêtements	-	8	Dépôt total moy (µg/h) : - Total = 332 ± 142 - Corps = 199 ± 107 - Mains = 83 ± 56 - Bras = 40 ± 33 Zones exposées : mains (42 %)
<b>Kangas 1993,</b> Finlande	Différentes fleurs — Tâche non précisée	Mévinphos	Non	Pulvérisateur manuel, fumigène ou brumisateur — de 0 à 2 jours	Patchs intérieur et extérieur (N=6x2) et lavage des mains (éthanol)	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	17	[C] mévinphos patchs intérieurs (µg/h/m <sup>2</sup> ) : - 0 à 12 h = 6,4 ± 1,5 - 20 à 40 h = 4,5 ± 1,9 Exposition > pulvérisateur manuel

\* plante d'intérieur en forme de liane, aussi dénommée « lierre du diable »

#### 5.2.2.3.4 APPLICATION ET REENTREE SOUS SERRE

Trois études d'expologie comparant les niveaux d'exposition entre l'application et la réentrée ont été identifiées (**Tableau 63**).

Dans une étude récente, l'équipe d'Aprèa et al. a comparé les niveaux d'exposition entre l'application et la réentrée dans des serres de plantes ornementales (Aprèa et al., 2021). L'application de l'èfunuron ètait r'alisèe via une lance et la réentrée consistait à agraffer les plantes sur des supports. Les mesures des expositions ètaient les mèmes que celles d'ècrites précédemment. L'exposition cutanèe totale ètait légèrement supèrieure à l'application. Lors de cette tâche, les tibias et pieds ètaient les plus contaminés tandis qu'il s'agissait de l'intérieur des cuisses et des hanches pour la réentrée. L'exposition respiratoire ètait bien plus importante à l'application par rapport à la réentrée (comptait respectivement pour 68,7 à 74,6 % et 0,022 à 0,636 % de la dose totale reçue). L'exposition des mains ètait supèrieure lors des tâches de réentrée.

En Hollande, ces deux tâches ont également ètè comparées pour la culture de l'œillet, en suivant la mème méthodologie que les deux études mentionnées précédemment. À l'application, les expositions cutanées ètaient plus importantes lorsque la matière active ètait sous forme liquide par rapport aux formes en poudrage (D. H. Brouwer et al., 1992). Les niveaux d'exposition ètaient plus èlevés lors des travaux de réentrée par rapport à l'application (respectivement 25,1 (4,4) µg/h et 10,1 (3,1) µg/h).

Les études incluses dans cette revue qui concernaient la culture ornementale ètaient toutes r'alisèes en floriculture. Or, la culture ornementale ne se r'èsume pas qu'à la production de fleurs. Elle comprend aussi la pèpinière, spècialisèe dans la production d'arbres et d'arbustes d'ornement pour l'extérieur. Les conditions et environnements de travail, ainsi que les types de plantes sont diffèrents, ce qui va modifier les usages des pesticides (matière active, matèriel, technique d'application, etc.) par rapport à la floriculture. Les donnèes issues des études r'alisèes en floriculture ne sont donc pas transposables à la pèpinière. Or, une seule étude r'alisèe dans ce secteur a ètè identifièe dans cette revue (Hoekstra et al., 1996). Des mesures des expositions cutanées et respiratoires ainsi qu'un dosage urinaire ont ètè r'alisés pour le bénomyl lors de trois tâches : pesage de la matière active, application sous serre et en extérieur et travaux de réentrée (taille, èlagage et nettoyage des plantes). Quelle que soit la voie d'exposition, c'est au pesage que les niveaux ètaient les plus èlevés. Par rapport à l'application, les tâches de réentrée semblaient ètre plus exposantes pour les mains.

**TABLEAU 63 : ÉTUDES D'EXPOLOGIE REALISEES LORS DE TRAITEMENTS ET DE TRAVAUX DE REENTREE**

Auteurs, année, pays	Cultures et tâches	Matière active	Contrôlé	Matériel d'application, délai de réentrée	Exposition cutanée	Autres mesures	N	Résultats
<b>Aprea 1999,</b> Italie	Scindapsus* — agrafage	Fenitrothion	Non	Fumigène — 38 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=3), lavages des mains (éthanol)	Respiratoire, biomonitoring urinaire et résidus foliaires délogeables	5	Exposition cutanée totale moy (nnol) : - Lundi = 51,86 - Mercredi = 29,16 - Vendredi = 23,26
<b>Aprea 2001,</b> Italie	Plantes ornementales — mise en place des pots, sélection des plantes, arrosage	Ométhoate, Fénitrothion et tolclofos-méthyl	Non	Matériel non précisé — délais de réentrée variables (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage des mains (éthanol)	Idem Aprea 1999	4	Pas de valeur moyenne fournie Exposition corps et visage ométhoate > fénitrothion > tolclofos-méthyl
<b>Aprea 2002,</b> Italie	Scindapsus*, agrafage	Chlorothalonil	Non	Applicateur manuel — 38 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage de mains (éthanol)	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	5	Exposition cutanée totale moyenne (µg) : - Lundi = 386,25 ± 295,91 - Mercredi = 341,93 ± 55,74 - Vendredi = 346,25 ± 23,32 Zones exposées : mains (51,9 %) et cuisses (30,1 %)
<b>Aprea 2005,</b> Italie	Vignes ornementales — agrafage dans 2 tunnels (T1 et T2)	Ométhoate	Non	Matériel d'application non précisé — 37 h (suivi sur 5 jours)	Patchs (N=9) et lavage de mains (éthanol)	Idem Aprea 1999	4	Exposition cutanée totale moy (nmol) : - T1 = 4273,7 ± 4507,4 - T2 = 877,91 ± 631,17 Zones exposées : avant-bras (59,2 dans T1 et 18,1 % dans T2)
<b>Aprea 2009,</b> Italie	Scindapsus* — agrafage dans serre et tunnel	Imidaclopride	Non	Matériel d'application non précisé — 45 h (suivi 5 jours)	Patchs intérieur (N=9) et extérieur (N=4) et lavage de mains (éthanol)	Idem Aprea 2002	10	Exposition cutanée totale moy (µg) : - Tunnel = 162 ± 266,94 - Serre = 162,45 ± 105,64 Zones exposées : mains dans serres (84 %) peau exposée (36 %)
<b>Brouwer 1992 b,</b> Pays-Bas	Œillet — Taille	Chlorothalonil, thiophanate methyl, thiram et zineb	Non	Poudrage (thiram et zineb, chlorothalonil) Pulvérisation (thiophanate)	Gants en coton remontant au coude	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	94	Exposition cutanée moy (mg/h) : - Chlorothalonil (pulv. /poudre) = 14,4 ± 2,3/4.4 ± 3.3 - Thiophanate methyl = 16.1 ± 2.0 - Thiram = 10.4 ± 2.5

				methyl, chlorothalonil) Brumisation (chlorothalonil) — 35 h				- Zineb = 7,1 ± 3,6
<b>Brouwer 1992,</b> Pays-Bas	Rose — Taille (T1), tri (T2) et empaquetage (E)	Abamectine, dodémorphe, bupirimate	Non	Brumisateur à bas volume ou pulvérisateur haut volume — 23 h	Gants en coton remontant au coude	Résidus foliaires délogeables	T1 : 75 T2 : 21 E : 30	Exposition cutanée moy (mg/h) : - Abamectine (T1/T2/E) = 0,013 ± 2/0,018 ± 3,3/0,018 ± 4,3 - Dodémorphe (T1/T2/E) = 1,8 ± 1,7/1,9 ± 2,3/1,9 ± 2,2 - Bupirimate (T1) = 2,2 ± 2,0
<b>Archibald 1994,</b> Canada	Chrysanthème — empaquetage	Pirimicarbe (et traceur)	Non	Application grand volume — 36 à 48 h	Dépôt traceur sur vêtements	-	8	Dépôt total moy (µg/h) : - Total = 332 ± 142 - Corps = 199 ± 107 - Mains = 83 ± 56 - Bras = 40 ± 33 Zones exposées : mains (42 %)
<b>Kangas 1993,</b> Finlande	Différentes fleurs — Tâche non précisée	Mévinphos	Non	Pulvérisateur manuel, fumigène ou brumisateur — de 0 à 2 jours	Patchs intérieur et extérieur (N=6x2) et lavage des mains (éthanol)	Respiratoire et résidus foliaires délogeables	17	[C] mévinphos patchs intérieurs (µg/h/m <sup>2</sup> ) : - 0 à 12 h = 6,4 ± 1,5 - 20 à 40 h = 4,5 ± 1,9 Exposition > pulvérisateur manuel

\* plante d'intérieur en forme de liane, aussi dénommée « lierre du diable »

#### 5.2.2.3.5 PREPARATION

Une seule étude s'est intéressée exclusivement à l'exposition lors de la préparation (Berenstein et al., 2014). Dans cette étude, plusieurs cultures étaient comparées, dont la culture de fleurs (autres cultures : tomates, maïs, légumes). L'exposition cutanée, qui a été mesurée grâce à des gants en coton, a montré des niveaux bien supérieurs pour la culture florale par rapport aux trois autres cultures et les formulations liquides semblaient plus exposantes lors de la phase de préparation par rapport aux formes solides. Des tests réalisés en laboratoire ont démontré qu'une grande part de cette exposition était due à l'ouverture des contenants.

### 5.2.3 DISCUSSION

Nous avons identifié 30 études mesurant l'exposition aux pesticides chez les travailleurs en espaces verts : i) 22 étaient réalisées sous serre parmi lesquelles dix étaient consacrées à l'application, neuf aux travaux de réentrée et trois aux deux tâches; ii) sept étaient conduites en extérieur et iii) une conduite en intérieur et extérieur. Au total, une trentaine de matières actives ont été investiguées, une très grande majorité étant des fongicides et insecticides. Concernant la mesure de l'exposition cutanée, la méthode des patchs et les lavages de mains ont été les plus utilisés. L'exposition respiratoire a été mesurée grâce à des filtres en fibre de verre ou des adsorbants solides reliés à des pompes portatives. Lors des applications, les jambes représentaient les zones les plus contaminées pour la majorité des études; les mains et avant-bras étaient souvent mentionnés en second. Lors de travaux de réentrée, les mains étaient les plus exposées ainsi que les cuisses.

Compte tenu de la grande variété de protocoles, matières actives, type d'application, environnements de travail, etc., il est difficile de comparer les niveaux d'exposition entre les études.

#### ➤ **Mesure de l'exposition cutanée**

Plusieurs méthodes d'estimation de l'exposition cutanée ont été décrites dans les études présentes dans cette revue : méthode des patchs, méthode du corps entier avec l'utilisation d'une combinaison intégrale, analyse d'images (photos ou vidéos) des dépôts de pesticides couplés à un traceur fluorescent, lavage des mains et port de gants en coton. Toutes ces méthodes font partie des recommandations élaborées par l'OCDE pour la mesure de

l'exposition cutanée (OCDE, 1997) (paragraphe 1.3.3.1.1 page 46). Nous évoquerons ici les avantages et limites propres à chacune.

La méthode des patches est celle qui a été le plus utilisée dans les études décrites ici (N=18). Cette méthode a l'avantage de respecter les habitudes de travail (notamment vis-à-vis du port de la combinaison et des autres EPI) et est adaptée lorsqu'il fait chaud (ce qui est souvent le cas dans les serres notamment). Cependant, elle présente un inconvénient qui est l'hypothèse d'un dépôt des pesticides uniforme pour chaque zone du corps. L'exposition peut être, soit surestimée si le patch reçoit la totalité de l'éclaboussure dessus, soit sous-estimée s'il ne reçoit rien. La méthode du corps entier (avec combinaison) a été utilisée dans 6 études. Cette méthode présente l'avantage de ne pas se baser sur l'hypothèse d'uniformité du dépôt. Cependant, elle peut entraîner des modifications vis-à-vis du port des EPI et un inconfort, ce qui peut modifier le travail et l'exposition. Cette méthode présente le risque de s'éloigner des conditions réelles de travail.

Que ce soit avec cette méthode ou celles des patches, l'exposition des mains est mesurée séparément selon deux protocoles : à l'aide de gants en coton - portés en dessous des EPI le cas échéant - ou par des lavages de mains effectués à la fin de la tâche. Le lavage de mains avec de l'éthanol a été réalisé dans la majorité des études (N=11). Les limites principales à cette méthode sont que le solvant peut entraîner une modification de la barrière cutanée, augmentant ainsi l'absorption. De plus, la quantité de matière active ayant traversé la peau ne pourra pas être mesurée ici, ce qui peut entraîner une sous-estimation de l'exposition. Les gants en coton ont été utilisés comme dosimètres dans neuf études. Bien que faciles à utiliser, ils peuvent quant à eux entraîner une surestimation de l'exposition, car ils retiennent davantage les pesticides que la peau. Dans trois études (Capri et al., 1999; de Vreede et al., 1998; Flores et al., 2011), l'exposition à la préparation a été mesurée uniquement grâce aux gants. L'hypothèse avancée par les auteurs était que l'exposition lors de cette tâche était principalement concentrée au niveau des mains. Or, des études ont mis en évidence d'autres parties du corps exposées, notamment les jambes (Chester and Hart, 1986; Kiefer et al., 1996; Nigg et al., 1986; Sanderson et al., 1995). De plus, en procédant ainsi, il paraît difficile de comparer la préparation et l'application. Concernant la réentrée, dans quatre études, l'exposition a également été mesurée seulement sur les mains (gants remontant jusqu'au coude) (Berenstein et al., 2014; D. H. Brouwer et al., 1992; R. Brouwer et al., 1992a, 1992b). Bien que les mains et avant-bras constituent le plus souvent les zones du corps les plus contaminées lors de ces travaux (Aprea et al., 2005, 2002, 2001, 2021; Archibald et al., 1994), elles ne sont pas les seules : les jambes et notamment l'intérieur des cuisses sont également évoqués dans les études décrites ici (Aprea et al., 2005; Archibald et al., 1994) et en agriculture (Garzia et al., 2018). Mesurer l'exposition en réentrée uniquement avec des gants peut donc entraîner une sous-estimation de l'exposition cutanée totale.

L'exposition cutanée a également été estimée en mesurant la quantité de traceurs (traceur fluorescent ou colorant) déposée sur les vêtements ou la peau. Ce protocole a été utilisé dans quatre études identifiées dans cette revue (Archibald et al., 1995, 1994; Lesmes-Fabian and Binder, 2013; Slocum and Shern, 1991). L'avantage de cette méthode est qu'elle permet de mettre en évidence la répartition de l'exposition sur le corps à une échelle plus fine que celle des patchs. Cependant, elle suppose d'une part que le travailleur se comportera de la même manière qu'en manipulant un pesticide, d'autre part que la matière active étudiée et le traceur présentent les mêmes caractéristiques de transfert au travers des vêtements et des EPI.

### ➤ **Mesure de l'exposition respiratoire**

L'exposition respiratoire est limitée comparée à l'exposition cutanée et représente souvent moins de 1 % de l'exposition totale (Bureau et al., 2022; Dowling and Seiber, 2002; Lee et al., 2018; Moon et al., 2013; Yeung et al., 1998). Cependant, elle n'est pas à négliger en présence de matière active hautement volatile, lors d'application ou travail de réentrée dans un espace confiné tel qu'une serre, un environnement faiblement ventilé, ou lorsque le matériel et la méthode d'application conduisent à la production de particules fines (Dowling and Seiber, 2002). Pour mesurer l'exposition respiratoire, la méthode la plus employée consiste à disposer une pompe personnelle portable équipée d'une cassette ou de tubes contenant des filtres ou adsorbants solides. Afin de mesurer l'exposition respiratoire totale (pesticides volatiles et aérosols formés lors de l'application), il est recommandé de coupler un filtre avec un adsorbant solide. C'est ce qui a été fait dans seulement huit études identifiées dans cette revue.

### ➤ **Zones corporelles les plus exposées**

Il est difficile de comparer les niveaux d'exposition entre les études, car elles ne suivent pas les mêmes protocoles. Les données ont donc été regardées pour chaque étude indépendamment afin d'identifier les zones les plus contaminées et les déterminants de l'exposition. Cependant, les faibles effectifs limitent souvent les comparaisons au sein même des études.

Concernant les zones les plus exposées, une majorité d'études sur les expositions lors d'applications ont démontré que les jambes présentaient souvent des niveaux supérieurs aux autres zones du corps (neuf études). Les mains ainsi que les avant-bras étaient également



contaminés, mais dans une moindre mesure (cinq études). Concernant la réentrée, les mains étaient la zone la plus contaminée pour cinq études, suivies des jambes (trois études). L'exposition au niveau des jambes était déjà observée en agriculture, mais dans une moindre mesure.

### ➤ Déterminants de l'exposition

Plusieurs facteurs influençant l'exposition ont été identifiés dans cette revue, mais ils ne peuvent être examinés dans les détails, car la comparaison entre les études est limitée. Cependant, il est important de les lister pour qu'ils puissent être pris en compte dans de futures études.

Concernant l'application, neuf études ont comparé les expositions selon le matériel et/ou le type d'application. Dans l'étude de Johnson et al. (2004), le travailleur était davantage exposé lors d'application avec un pulvérisateur monté sur un tracteur qu'avec un pulvérisateur à dos. Cependant, pour Delhomme et al. (2011); Flores et al. (2011) et Kangas et al. (1993), l'exposition était plus élevée lorsque la matière active était appliquée avec un pulvérisateur à dos manuel par rapport à un pulvérisateur à dos motorisé. Cela peut s'expliquer par une plus grande proximité entre le travailleur et le pulvérisateur lorsque ce dernier est porté. Dans l'étude de Nigg et al. (1993), la taille des gouttelettes était déterminante pour l'exposition : plus les gouttelettes étaient fines, plus l'exposition augmentait. Enfin, pour Connolly et al. (2019), l'utilisation d'une lance pressurisée entraînait une exposition plus forte par rapport à un applicateur par gouttelettes contrôlées.

Le type d'application semble également influencer l'exposition, mais les études sont en désaccord : lorsque le débit de pulvérisation diminue, l'exposition diminue également pour Slocum and Shern (1991), tandis qu'elle augmente pour Archibald et al. (1995). Néanmoins, ces études n'étaient pas réalisées dans le même environnement (respectivement en extérieur et sous serre). Une application vers le bas et le haut et le fait d'effectuer des aller-retour entre les rangs augmentait fortement l'exposition par rapport à une pulvérisation vers le bas uniquement (Capri et al., 1999). Lors de la réentrée, le type d'application semble avoir son importance aussi. Dans les études de D. H. Brouwer et al. (1992); R. Brouwer et al. (1992a), l'exposition était plus élevée lorsque la matière active avait été pulvérisée plutôt qu'appliquée en poudrage. Enfin, lors de la phase de préparation, les formulations liquides semblaient entraîner une plus forte exposition par rapport aux poudres (Berenstein et al., 2014). Pour Stamper et al. (1989a), les poudres mouillables lorsqu'elles sont mal mélangées peuvent engendrer des expositions plus importantes lors de la préparation et à l'application.

En ce qui concerne les conditions climatiques (température, humidité, vitesse de vent, etc.), peu d'études ont donné des informations sur ces facteurs. Pour Capri et al. (1999) et Cowell et al. (1991), l'augmentation de la température et de l'humidité entraînait une augmentation de la volatilité des matières actives qui restaient donc moins longtemps au contact de la peau. Néanmoins, pour Aprea et al. (2005), l'augmentation de l'humidité et de la température dans les serres entraînerait une augmentation de l'exposition. Ces conclusions n'ont pas été retrouvées chez Aprea et al. (2009). Dans la littérature, il a été démontré qu'une température élevée pouvait entraver la thermorégulation et augmenter la transpiration et la pénétration des molécules à travers les EPI et la peau (de Cock et al., 1998; Garrigou et al., 2020; Keifer, 2000).

Concernant les tâches les plus exposantes, ici encore les études ne sont pas en accord. Pour de Vreede et al. (1998); Fenske et al. (1987) et Flores et al. (2011), la préparation était la phase la plus exposante tandis que pour Capri et al. (1999) et Lesmes-Fabian and Binder (2013), il s'agissait de l'application.

Seules trois études ont comparé les niveaux d'exposition entre l'application et la réentrée : pour D. H. Brouwer et al. (1992), les travailleurs sont plus exposés lors de l'application tandis que pour Hoekstra et al. (1996) et Aprea et al. (2021) il s'agit de l'inverse. Enfin, il n'a pas été possible de comparer les différentes tâches de réentrée. Ici encore, les données de la littérature sont peu nombreuses et en désaccord. Dans l'étude de Bureau et al. (2022) réalisée en arboriculture, les contaminations lors des travaux de réentrée étaient aussi voire plus élevées que lors des traitements tandis que dans l'étude de Cock et al. (1998), l'application restait la tâche la plus exposante.

#### **5.2.4 CONCLUSION**

Réaliser des mesures des expositions cutanées et respiratoires, en conditions réelles de travail, est une étape essentielle pour caractériser au mieux les expositions professionnelles et identifier les déterminants de l'exposition. Cette démarche est essentielle en épidémiologie pour concevoir des questionnaires qui comportent toutes les variables importantes, et au moment de l'analyse pour construire des scores qui intègrent les bons déterminants. Sans cela, il semble complexe de déterminer des relations dose-effet et d'émettre des conclusions sur les niveaux d'exposition associés à des effets de santé. Le secteur des espaces verts n'a pas bénéficié du même intérêt que le secteur agricole et le nombre d'études d'expositions dans ce milieu reste encore trop limité aujourd'hui. De nombreux déterminants restent à explorer, mais cela nécessite davantage d'études et des effectifs plus importants pour pouvoir faire des comparaisons au sein des études. Il est primordial de mieux documenter les environnements

de travail et notamment les types de plantes, hauteur, emplacement, espacement, etc. ainsi que l'organisation du travail (taille de l'entreprise, ancienneté des employés, organisation des traitements et de la réentrée, etc.). Les conditions climatiques ont une grande influence sur le comportement et le devenir des molécules et doivent donc être également examinées. Le matériel et la méthode d'application sont aussi déterminants. Pour identifier les situations les plus exposantes, il est nécessaire de réaliser, pour une même matière active et dans les mêmes conditions, plusieurs observations avec du matériel et des techniques d'application différents. En effet, la comparaison entre les études reste délicate, car de nombreux facteurs diffèrent (protocole, matière active, concentration, conditions d'application, etc.). Concernant les tâches les plus exposantes, les études aujourd'hui publiées ne permettent pas de conclure. Réaliser des études avec la même méthodologie de mesure des expositions pour les différentes tâches (préparation, application, nettoyage, récolte et réentrée) permettrait de comparer plus justement les niveaux de contaminations et les zones les plus exposées. Cette étape est essentielle pour la mise en place de mesures de prévention adaptées et efficaces. Dans cette revue ont été identifiées 22 études réalisées en floriculture, sept en espaces verts et seulement une en pépinière. Or les pépinières présentent un environnement de travail divers (cultures en plein champ, hors sol en extérieur et en intérieur) et offrent donc la possibilité de comparer des conditions de travail, des techniques de pulvérisation (vers le bas, vers le haut), du matériel d'application (pulvérisateur à dos pour les serres, motorisé pour l'extérieur) et des tâches de réentrée variées.

## 5.3 ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS AUPRES DE TRAVAILLEURS DES ESPACES VERTS

### 5.3.1 PRESENTATION ET OBJECTIFS

En 2021, une première prise de contact avec des travailleurs en espaces verts a été réalisée. Des entretiens semi-directifs ont donc été conduits afin de mieux comprendre les pratiques de ces travailleurs, le matériel utilisé, les environnements de travail et les usages de produits pesticides conventionnels ou autorisés en agriculture biologique. L'objectif était de recueillir des informations détaillées sur les différents secteurs de l'espace vert et d'adapter le protocole de l'étude de terrain à partir de ces données. Ces entretiens offraient également l'opportunité d'échanger avec les professionnels autour des pratiques liées à leur utilisation de pesticides et d'identifier d'éventuels déterminants de l'exposition.

### 5.3.2 METHODOLOGIE

#### 5.3.2.1 ÉLABORATION DU GUIDE DES ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

Dans le cadre de cette démarche, nous avons privilégié une approche qualitative grâce aux entretiens semi-directifs ciblés. Ces entretiens consistaient en une série d'interrogations ouvertes centrées sur la question des tâches effectuées en espaces verts, et plus particulièrement des traitements pesticides. La personne répondait librement, ce qui lui permettait d'exprimer son point de vue sur différents aspects de son travail. L'enquêteur pouvait ensuite questionner plus précisément la personne par rapport à la réponse apportée. Ce type d'approche a été préféré à un questionnaire épidémiologique classique (à réponses fermées), car nous souhaitions avoir une vision d'ensemble du travail et de ses caractéristiques. Cela permettait à la personne de s'exprimer librement et de faire ainsi émerger de nouvelles hypothèses auxquelles nous n'aurions pas pensé.

Le guide d'entretien était composé de sept grandes parties (**Annexe 8**) :

- A. Présentation et description de la structure** : type de structure, historique, nombre d'employés, fonction de la personne interrogée et ancienneté.
- B. Tâches effectuées par la structure** : liste des principales tâches effectuées, période de l'année correspondante, nombre de jours en moyenne consacrés à chaque tâche dans l'année et environnement de travail.
- C. Traitements pesticides conventionnels et autorisés en agriculture biologique** : historique des utilisations et pratiques actuelles.
- D. Matériel utilisé** : liste du matériel d'application et de ses caractéristiques

- E. Utilisation des EPI et tenues vestimentaires :** liste des EPI portés, fréquence d'utilisation et de remplacement, vêtements portés lors de traitements, etc.
- F. Connaissances en matière de réglementation et perception du risque lié aux pesticides :** questions sur la loi Labbé et d'éventuels changements entraînés depuis sa mise en vigueur, inquiétude au sujet de l'utilisation des pesticides.
- G. Caractéristiques sociodémographiques :** identité de la personne, niveau de formation en général et dans le secteur des espaces verts, détention du Certiphyto, etc.

Les réponses aux questionnaires étaient notées au fur et à mesure de l'entretien par les enquêteurs de terrain. En parallèle, avec l'accord de la personne, un enregistrement audio était également réalisé pour qu'en soit faite une retranscription ultérieure. De plus, des photos du matériel, produits utilisés et environnement de travail ont été prises.

### 5.3.2.2 PROFESSIONNELS INCLUS, RECRUTEMENT ET CONSENTEMENT

L'objectif de ces entretiens était d'avoir une vision d'ensemble des pratiques pour chaque secteur pour lesquels, des mesures de terrain étaient prévues. Nous avons cherché à recruter au moins un professionnel dans les secteurs suivants :

- Exploitation agricole spécialisée dans la production florale
- Pépinière d'ornement
- Service espaces verts d'une collectivité
- Entretien des terrains de sport ou golf
- Entreprise privée d'entretien des espaces verts

Le protocole de l'étude de terrain Pestexpo n'étant pas restreint aux produits conventionnels, l'objectif était de recruter aussi des utilisateurs de produits autorisés en agriculture biologique. Le recrutement s'est fait sur la base du volontariat. Les professionnels des secteurs mentionnés ci-dessus localisés en Gironde et départements limitrophes ont été contactés par téléphone et courriel. Les participants donnaient leur consentement éclairé pour être enregistrés et photographiés et pour que leurs réponses soient traitées par l'équipe de recherche. Les données individuelles et des entreprises ou collectivités ont été anonymisées.

### 5.3.3 RESULTATS

#### 5.3.3.1 PRESENTATION GENERALE

En 2021, une trentaine de professionnels ont été contactés par téléphone et mail et huit ont accepté l'entretien, à savoir :

- Deux responsables d'entretien de parcours de golf (un golf privé et un associatif privé);
- Deux horticulteurs (un travaillant en conventionnel et l'autre en agriculture biologique);
- Un responsable des installations des équipements sportifs pour une collectivité;
- Un responsable du service espaces verts d'une collectivité;
- Un responsable du service espaces verts d'une université;
- Une responsable du centre de production végétale pour une collectivité

Tous les entretiens ont été réalisés auprès de responsables ou chefs d'exploitation. Sept hommes et une femme ont été interrogés.

#### ➤ Golfs

Les deux personnes interrogées étaient responsables de terrains de golf, l'un en tant que propriétaire et gérant et l'autre en tant qu'intendant des terrains (appelé communément greenkeeper).

Le golf privé (golf A), fondé en 2009, comportait un parcours de 9 trous sur six hectares. Quatre personnes étaient employées au total dont un apprenti à mi-temps, une personne à l'accueil et le couple de gérants. L'entretien du golf était réalisé par l'apprenti et le gérant. Depuis 2013, aucun produit pesticide n'avait été appliqué à l'exception de l'utilisation sporadique de glyphosate en 2009 et 2013. La plupart des opérations d'entretien étaient mécaniques : tonte, débroussaillage, scarification et aération du green, sablage, ensemencement, désherbage manuel quotidien.

Le deuxième golf (golf B) était également privé, mais géré par une association. Il comportait 18 trous sur 24 hectares, entretenus par six employés : un greenkeeper, quatre jardiniers et un mécanicien. Sur ce golf, l'utilisation de produits conventionnels était encore actuelle bien que de nombreuses opérations mécaniques étaient réalisées (tonte, débroussaillage, ensemencement et désherbage manuel dans les allées). Les traitements étaient réalisés par le greenkeeper et un employé (tous deux possédaient le Certiphyto).

### ➤ **Exploitations horticoles**

Deux propriétaires et gérants d'exploitation horticole ont été rencontrés. Les deux entreprises avaient chacune six salariés (trois permanents et trois saisonniers). La première exploitation (exploitation A) d'une surface de 6000 m<sup>2</sup> réalisait la majorité de la production en extérieur. La deuxième exploitation (exploitation B) avait une superficie de 5000 m<sup>2</sup>, principalement occupée par des serres. Ces deux exploitations étaient spécialisées dans la production florale et réalisaient donc l'entretien des plantes, la cueillette et l'emballage des fleurs ainsi que du désherbage mécanique aux abords des serres et entre les rangs. Sur l'exploitation A, l'usage régulier de pesticides conventionnels avait été arrêté depuis 2014 et remplacé par des produits autorisés en agriculture biologique. Pour la deuxième exploitation, l'usage des pesticides conventionnels était actuel et les traitements étaient réalisés par le gérant lui-même.

### ➤ **Services espaces verts**

Les responsables des services espaces verts d'une collectivité (ville A) et celui d'une université ont été interrogés.

Dans la ville A, le service comportait 44 employés et était en charge de l'entretien des espaces verts publics, cimetières, serres municipales et terrains de sport engazonnés. Les principales tâches consistaient en l'entretien des espaces, tonte, débroussaillage, élagage et abattage des arbres, entretien des fleurs en extérieur et sous serre et production de végétaux sous serre. Les traitements avec des pesticides conventionnels étaient encore réalisés sur les terrains de sport par deux employés possédant le Certiphyto. Pour le reste des traitements, seuls des produits autorisés en agriculture biologique étaient utilisés.

Le service espaces verts de l'université comptait six personnes. Les tâches réalisées étaient similaires à celles décrites pour la collectivité à l'exception des terrains de sport. Depuis 2011, les traitements conventionnels étaient remplacés par de la lutte biologique intégrée.

### ➤ **Équipements sportifs d'une collectivité**

L'entretien a été réalisé avec le responsable du service des équipements sportifs pour une collectivité (ville B). Différemment de la ville A, l'entretien et la gestion des terrains de sports n'étaient pas rattachés au service espaces verts de la ville. Quatorze personnes étaient employées dans ce service qui avait pour mission la gestion de 16 terrains de sport (dont un

terrain d'honneur dédié aux compétitions officielles). Les tâches réalisées consistaient en l'entretien des abords et des pelouses des stades (tonte et débroussaillage), taille des haies, scarification et aération des gazons. L'utilisation de pesticides conventionnels était encore d'actualité, mais uniquement sur le terrain d'honneur. Les traitements étaient réalisés par deux personnes, mais tous les employés possédaient le Certiphyto.

#### ➤ Centre de production végétale pour une collectivité (ville C)

La responsable du centre de production végétale pour une collectivité a été interrogée. Le centre présente une superficie de plus de 30 hectares, dont 1200 m<sup>2</sup> de serre. La mission principale de ce centre est de produire les fleurs et arbres d'ornement pour la ville C. Au total, 12 employés sont dédiés à cette production et réalisent les semis, rempotage, greffons, taille, etc. ainsi que le désherbage manuel des extérieurs. La gestion des nuisibles est principalement réalisée par une lutte biologique intégrée, mais des traitements conventionnels sont encore appliqués par quatre personnes possédant le Certiphyto. Cet entretien a été enregistré, mais de trop mauvaise qualité pour être exploité.

#### 5.3.3.2 UTILISATION DE PESTICIDES CONVENTIONNELS

Tous les responsables interrogés ont déclaré avoir utilisé des produits conventionnels par le passé. Au moment de l'entretien, seuls le golf privé (golf A) et le service espaces verts de l'université n'en utilisaient plus. Concernant le golf A, le seul produit rapporté était le glyphosate, deux à trois fois par an, pour gérer les mauvaises herbes aux abords des bâtiments. Pour l'université, le glyphosate avait également été utilisé ainsi qu'un fongicide, l'*Aliet* (fosétyl-Al) et un insecticide, le *Decis* (deltaméthrine). D'autres produits étaient utilisés, mais le responsable ne se souvenait pas des spécialités commerciales ou des matières actives.

S'agissant de l'autre terrain de golf visité (golf B), la majorité des traitements réalisés à ce jour était principalement des fongicides au niveau des greens (zones de réception de la balle, tondu à ras) (**Tableau 64**). Des herbicides étaient également appliqués, mais uniquement sur les fairways (étendue d'herbe entre le départ et le green).



**TABEAU 64 : LISTE DES FONGICIDES APPLIQUES DANS LES GOLFS**

Nom commercial	Matière(s) active(s)	Cibles	Fréquence
<b>Sur les greens</b>			
ALLETTE	Fosetyl		
EXTERIS STRESSGARD	Trifloxystrobine Fluopyram		
DEDICATE	Trifloxystrobine Tebuconazole	Dollar spot,	7 à
MEDALLION	Fludioxonil	Fusariose	11 traitements/an
HERITAGE	Azoxystrobine	Anthracnose	(ou en curatif à l'apparition de la maladie)
ASCERNITY	Benzovindiflupyr Difenoconazole		
PREVICUR	Fosetyl Propamocarbe		
<b>Sur les fairways</b>			
EVADE	Fluroxypyr Triclopyr	Pâquerette	2 fois/an
FLORANID Gazon (engrais contenant un désherbant sélectif)	Dicamba 2,4-D	Dicotylédones annuelles et vivaces des gazons	(printemps et automne)

Le service des équipements sportifs de la ville B ne traitait que le terrain d'honneur. Deux fongicides étaient appliqués deux fois par an (ou plus en fonction de l'apparition de la maladie) : il s'agissait de l'INSIGNA (pyraclostrobine) et d'HERITAGE (azoxystrobine). Lors de l'entretien, le responsable a rapporté ne plus appliquer d'herbicides, cependant le calendrier de traitement qu'il nous a fourni pour l'année 2020 comportait deux herbicides : SCANNER (MCPA, clopyralid et 2,4-D) appliqué une fois en mai et GREENEX EV (fénoxaprop-p-ethyl et méfenpyr-diéthyl) appliqué trois fois entre avril et juin. SCANNER était également utilisé par la ville A pour les terrains de sport ainsi que le XOKKO (dicamba et MCPA), une fois par an. Les deux fongicides mentionnés par le service des équipements sportifs étaient aussi utilisés par la ville A.

L'utilisation des pesticides conventionnels en horticulture était très hétérogène entre les trois structures. L'exploitation horticole A n'utilisait qu'un seul produit, l'insecticide DISCUS (cyfluthrine et imadoclopid), une fois par an seulement sur les chrysanthèmes (mais pas depuis trois ans). Sur l'exploitation B, le responsable nous a dit utiliser quatre produits en curatif : deux insecticides (SUPREME - acétamiprid- et ADMIRAL - pyriproxyfen), un fongicide (ORTIVA - azoxystrobine) et un herbicide (ROUND-UP–Glyphosate). Les fréquences d'utilisation n'ont pas été spécifiées (et la personne interrogée n'a pas voulu transmettre ses calendriers de traitement). Pour le centre de production végétale de la ville C, le panel de produits était plus conséquent avec sept insecticides et quatre fongicides. Le désherbage chimique n'était plus

réalisé depuis 2006. Les calendriers de traitement de 2016 à 2022 ont été synthétisés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 65**).

**TABLEAU 65** : LISTE DES PRODUITS CONVENTIONNELS UTILISES PAR LE CENTRE DE PRODUCTION VEGETALE

Molécule(s) active(s)	Nom commercial	Action	Fréquence
Cyprodinil et fludioxonil	SWITCH	Fongicide	3 fois/an
Iprodione	ROVRAL	Fongicide	1 fois/an
Mancozèbe	DITHANE	Fongicide	3 à 5 fois/an
Myclobutanil	SYSTANE	Fongicide	1 fois/an
Cyantraniliprole	MAINSRING	Insecticide	1 fois/an
Flonicamid	TEPPEKI	Insecticide	2 fois/an
Hexythiazox	NISSORUN	Insecticide	1 fois/an
Pyriproxyfen	ADMIRAL	Insecticide	2 fois/an
Spirotetramat	MOVENTO	Insecticide	2 à 5 fois/an
Tau-fluvalinate	KLARTAN	Insecticide	3 à 5 fois/an
Thiamethoxam	FLAGSHIP	Insecticide	3 fois/an

### 5.3.3.3 PRODUITS AUTORISES EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE ET LUTTE BIOLOGIQUE INTEGREE

Le golf A et le service des équipements sportifs n'utilisaient pas de produits autorisés en agriculture biologique ou de produits de biocontrôle. Pour les autres structures, les produits qui étaient les plus fréquemment rapportés étaient le *Bacillus thuringiensis*, le spinosad, les pyrèthres naturels et le savon noir. Le golf B utilisait uniquement du mycostop, un produit de biocontrôle depuis environ cinq ans. Les deux horticulteurs interrogés rapportaient uniquement l'utilisation de *Bacillus thuringiensis*, les autres étant jugés inefficaces et trop coûteux.

Le service espaces verts de l'université et le centre de production végétale avaient mis en place la lutte biologique intégrée depuis plus de dix ans. Cependant, des problèmes d'approvisionnement dus à la crise sanitaire ont contraint le centre de production végétale à compenser avec des produits conventionnels.

Le **Tableau 66** reprend toutes les matières actives, produits de biocontrôle et produits autorisés en agriculture biologique utilisés par les professionnels interrogés.

#### 5.3.3.4 MATERIEL D'APPLICATION

Parmi les utilisateurs de pesticides, la majorité utilisait des pulvérisateurs sur tracteur équipés d'une rampe. Seul le tracteur du golf B ne comportait pas de cabine. Les pulvérisateurs sont présentés dans les photos qui suivent (**Figure 49**). Nous n'avons pu prendre de photo du matériel pour la ville A, car le rendez-vous s'est déroulé au bureau du responsable et non au local technique. Les horticulteurs utilisaient des pulvérisateurs à dos, à gâchette ou tracté sur roue (**Figure 50**). Pour l'horticulteur B, seul le pulvérisateur sur roue a pu être pris en photo, les autres pulvérisateurs n'étant pas dans le local technique.

**TABLEAU 66 : LISTE DES MATIERES ACTIVES UTILISEES PAR LES PROFESSIONNELS INTERVIEWES**

<b>Fongicides</b>	<b>Insecticides</b>	<b>Herbicides</b>	<b>Produits de biocontrôle et/ou autorisés en AB</b>
<b>Anilino-pyrimidines</b>	<b>Carbamates</b>	<b>Aryloxyacides.</b>	Bacillus thuringiensis
Cyprodinil	Pyriproxyfen	2,4-D	Mycostop
<b>Carbamates</b>	<b>Carboxamides</b>	MCPA	Acides gras
Propamocarbe	Hexythiazox	<b>Phénoxyherbicides</b>	Extrait végétal (Azadirachta indica)
<b>Dithiocarbamates</b>	<b>Diamides</b>	fénoxaprop-p-ethyl	Pièges à insectes (phéromones)
Mancozèbe	Cyantranilprole	<b>Phosphonoglycines.</b>	Bacillus thuringiensis
<b>Phénylpyrroles</b>	<b>Kétoénoles</b>	Glyphosate	Anti-limace (ferramol)
Fludioxonil	Spirotetramat	<b>Pyrazoles</b>	Spinosad
<b>Phosphonates</b>	<b>Néonicotinoïdes</b>	Méfénpyr-diéthyl	Huile de paraffine
Fosetyl-Al	Acetamiprid	<b>Pyridines</b>	Huile essentielle d'orange
<b>Phtalimides</b>	Imidacloprid	Clopyralid	Pyrèthres naturels
Iprodione	Thiamethoxam	Fluroxypyr	Bière
<b>SDHI</b>	<b>Pyréthroïdes</b>	Triclopyr	Savon noir
Fluopyram	Cyfluthrine		Bouillie bordelaise
Benzovindiflupyr	Deltaméthrine		
<b>Strobilurines</b>	Tau-fluvalinate		
Azoxystrobine	<b>Pyridinecarboxamides.</b>		
Pyraclostrobine	Flonicamid		
Trifloxystrobine			
<b>Triazoles</b>			
Difenoconazole			
Myclobutanil			
Tebuconazole			

Équipements sportifs ville B (400L)



Golf B (500L)



Centre de production du végétal ville C (250L)



FIGURE 49: PULVERISATEURS UTILISES PAR LES PROFESSIONNELS INTERROGES

Centre de production végétale ville C

Pulvérisateur sur roue (120L)



Pulvérisateur à dos (18L)



Pulvérisateur à main (7L)



Horticulteur B

Pulvérisateur sur roue (120L)



FIGURE 50: PULVERISATEURS UTILISES PAR LES PROFESSIONNELS INTERROGES (2)

### 5.3.3.5 ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELS

Pour les anciens utilisateurs de pesticides conventionnels (golf A et horticulteur A), peu d'équipement de protection étaient portés : des gants en vinyle à usage unique uniquement à la préparation pour le golf A et uniquement un masque à cartouche pour l'horticulteur A. Ce dernier précise d'ailleurs : *« J'avais un masque jadis, avec les cartouches. Que je ne changeais pas d'ailleurs ! »* (Horticulteur A).

Pour le gérant du golf A, le fait d'utiliser un pulvérisateur à main et de pulvériser vers le bas, limite les risques d'exposition : *« On a juste un pulvérisateur à main donc en fait, on est très près du sol donc j'ai jamais mis de masque par exemple. Mais je mettais des bottes, mais pas de masque, pas de combi. »* (Golf A)

Parmi les utilisateurs actuels de produits conventionnels, seulement deux personnes interrogées appliquaient elles-mêmes les pesticides : golf B et horticulteur B. Pour ce dernier, les EPI étaient portés à chaque phase (préparation, application et nettoyage du matériel) et il s'agissait de gants en nitrile, d'une combinaison lavable et d'un masque à cartouche. Pour le golf B, les informations n'étaient pas très précises. Le responsable nous a dit que toute personne effectuant des traitements devait porter un masque à cartouche, une combinaison jetable ou lavable (voir à la place un vêtement de pluie parfois), des gants jetables et des bottes ou chaussures de sécurité. Le responsable n'était pas en mesure de nous préciser à quel moment les équipements étaient portés et si lui-même respectait ces mesures de sécurité.

Les autres responsables interrogées ne participaient pas au traitement, mais étaient en charge d'acheter les équipements et de veiller au respect des consignes par les opérateurs. Pour le centre de production végétale et le service des équipements sportifs, les équipements étaient portés à toutes les phases (masque à cartouche, combinaison jetable et gants en caoutchouc lavables). Pour le service espaces verts de la ville A, des gants jetables ou en caoutchouc et une combinaison jetable étaient portés lors de l'application et complétés par un masque lors de la préparation.

Parmi les utilisateurs de produits de biocontrôle, seuls les employés du service espaces verts de l'université déclaraient porter des équipements lors de l'application du *Bacillus thuringiensis* (combinaison, gants et masque à cartouche).

### 5.3.3.6 RESENTI VIS-A-VIS DE L'UTILISATION DES PESTICIDES

#### ➤ Contraintes liées au travail

La totalité des personnes interrogées déclarait être en accord avec une diminution de l'utilisation des pesticides dans le cadre de leur travail. Cependant, elles considéraient être soumises à de nombreuses contraintes.

Pour les golfs et terrains de sport, l'aspect visuel et l'esthétique des pelouses étaient primordiaux. Pour ces professionnels, l'élément le plus rapporté était l'attente du public et la pression associée:

*« C'est là où il y a un vrai problème : c'est qu'on a habitué les gens, en termes de golf, à ce qu'il y ait un standard assez haut en termes d'entretien et surtout visuel [...], que ce soit toujours vert » (Golf A)*

*« Ce qu'on sait, c'est que ça va être compliqué [la réduction de l'utilisation des produits sur les terrains de golf]. Il va falloir clairement que la mentalité des golfeurs change [...]. Les jardiniers auront beau faire ce qu'ils veulent, ils ne sont pas magiciens non plus. Ça va forcément se ressentir sur la qualité des parcours. » (Golf B)*

*« Quand les gens s'installent dans les tribunes, la première chose qu'ils voient c'est l'homogénéité du terrain. L'aspect visuel est important » (Ville A).*

La pression de la municipalité était également un élément fréquemment mentionné, consistant à demander aux responsables d'assurer un standard élevé pour les terrains, mais ne pas compromettre l'image du « zéro-phyto » revendiqué par les municipalités.

*« Il faut faire attention : le moindre geste que vous faites, c'est vos élus qui sont impactés » (Ville A)*

Les responsables doivent donc trouver un compromis entre les attentes du public et des élus et une réduction de l'utilisation des produits. Ce travail est rendu compliqué par l'émergence de nouvelles maladies liées au changement climatique et à leur résistance face à certains traitements.

*« Les maladies sont de plus en plus présentes et de plus en plus dures à traiter » (Golf A)*

*« Ça va être très compliqué de ne pas utiliser de produits. Alors on essaie, c'est ce qu'il faut faire. [...] Il faut qu'on mette les conditions idéales pour ne pas que le champignon se développe. Mais c'est hyper hyper dur. Avec la météo, c'est hyper hyper compliqué.*



*[...] En fait, ce qu'il faudrait pas, c'est avoir une belle pelouse : plus la pelouse est belle comme ça, plus on est sujet aux maladies» (Équipements sportifs)*

➤ **Ressenti vis-à-vis de la dangerosité des pesticides sur la santé des travailleurs**

Pour les responsables du golf B, service des équipements sportifs et centre de production végétale, il n'y avait pas d'inquiétude à avoir vis-à-vis de la dangerosité des pesticides sur la santé. Le golf B considérait que les produits, s'ils étaient homologués, étaient sans danger, et pour prouver son argument, il précisait :

*«Je ne connais personne qui a eu des problèmes de santé ou en est mort»*

De plus, pour lui, les produits utilisés en vigne étaient plus dangereux que ceux qu'il utilisait sur le golf et considérait donc qu'il n'était pas exposé à un danger. Cette comparaison était également utilisée du côté des équipements sportifs où le responsable répondait, en parlant des inquiétudes sur la santé des travailleurs exposés aux pesticides :

*«Nous, pas vraiment. C'est pas un agriculteur qui traite la vigne 50 fois par an. On est vraiment pas exposé à ça nous. C'est vraiment épisodique».*

Pour le centre de production végétale, la responsable considérait qu'il n'y avait pas d'inquiétude à avoir, car ses agents étaient bien protégés et les délais de réentrée étaient systématiquement respectés. Elle précisait aussi qu'en comparaison avec la façon dont les agents étaient protégés par le passé, il n'y avait plus de risque d'exposition aujourd'hui. Pour le responsable du service espaces verts de la ville A, ce même constat était réalisé : parce que les opérateurs ne se protégeaient pas avant, il n'y a pas de risque d'être exposé aujourd'hui si l'on porte les EPI.

*«J'étais à la mairie de (...). Je pense qu'il y a des fois où j'étais en short et tee-shirt [...]. On mettait le bidon dans le truc, ça vous éclaboussait les avant-bras [...].» (Ville A)*

Pour les deux horticulteurs, l'utilisation des pesticides dans leur profession les exposait à des risques pour la santé. En effet, pour l'horticulteur A, les mesures de protection n'étaient pas assez respectées :

*«Les horticulteurs, je pense qu'ils ne se protègent pas suffisamment. On est dans un espace fermé. C'est pire que la culture en extérieur» (Horticulteur A).*

Et pour l'horticulteur B, le fait que son ancien patron ait eu des problèmes de santé après avoir utilisé des produits sans masque, lui apportait les preuves de la dangerosité des pesticides.

### **5.3.4 DISCUSSION**

#### **5.3.4.1 SYNTHÈSE DES RESULTATS**

Au total, huit responsables ont été interrogés entre 2021 et 2022 et les entretiens montraient une diversité des pratiques dans l'utilisation des pesticides. Dans le cadre de la loi Labbé, les utilisations de pesticides sont proscrites sur les espaces publics, mais restent autorisées pour les terrains de sport et golfs jusqu'en 2025. La plupart des produits utilisés sur ces gazons étaient des fongicides dans le but de garantir une qualité suffisante pour la compétition et répondre aux attentes des joueurs et du public. Des herbicides étaient également utilisés, mais de plus en plus remplacés par des opérations mécaniques et manuelles. Des fongicides et insecticides étaient utilisés pour la production horticole, mais certains affichaient une volonté de diminuer leur utilisation au profit de produits de biocontrôle. Cependant, ces derniers n'étaient pas toujours jugés efficaces et représentaient un coût supplémentaire pour la structure.

Concernant les EPI, la plupart des personnes nous ont listé les équipements prescrits, mais il n'était pas toujours très clair de savoir à quel moment ils étaient portés.

Ce qui ressort très nettement de ces entretiens est la pression que les responsables ressentaient à trouver un compromis entre les attentes des élus et du public, et la nécessité de diminuer leur utilisation de produits dans un contexte d'émergence de nouvelles maladies et de résistance.

#### **5.3.4.2 RETOUR SUR LES ENTRETIENS**

Ces entretiens ont été réalisés dans le cadre d'un stage de master 2 (Santé Publique, parcours santé – travail - environnement). Ils ont été conduits pendant la crise sanitaire et ont donc dû être repoussés à plusieurs reprises. Nous avions pour objectif de recruter au moins un professionnel par secteur. Or, nous n'avons pas été en mesure de recruter un pépiniériste spécialisé dans la culture ornementale. Le temps du stage étant limité et du retard ayant été pris à cause de la crise sanitaire, nous n'avons pas pu poursuivre le recrutement et inclure davantage de professionnels. De plus, nous n'avons pas anticipé la réticence des

professionnels de ce secteur à échanger autour de leur utilisation de pesticides. Nous avons essuyé de nombreux refus lors de nos appels téléphoniques. L'argument principal avancé par les personnes contactées était qu'ils n'utilisaient pas de pesticides. Bien que nous insistions sur le fait que nous étions aussi intéressés par les produits autorisés en agriculture biologique et produits de biocontrôle, les personnes ne souhaitaient tout de même pas participer.

Un point commun à tous les professionnels interrogés était qu'ils nous disaient ne pas utiliser de pesticides. Or, au fil des entretiens, la réalité apparaissait différente. L'utilisation des pesticides dans ce secteur semblait en effet taboue et particulièrement pour les terrains de sport. Nous avons observé une tension forte entre l'affichage «zéro phyto» par les municipalités et l'utilisation encore autorisée de pesticides conventionnels sur les terrains de sport, mettant les responsables de ces derniers dans une situation inconfortable. À plusieurs reprises, il a fallu leur assurer que leurs réponses resteraient anonymes :

*« Vous ne me mettez pas en porte à faux ? » (Équipement sportif)*

*« Il faut faire attention : le moindre geste que vous faites, c'est vos élus qui sont impactés » (Ville A)*

Au vu des refus de participation et réticences des participants à s'exprimer sur l'utilisation des pesticides, il est essentiel aussi de se questionner sur la représentativité des participants. À l'évidence, les personnes n'utilisant pas ou peu de pesticides étaient plus enclins à participer. C'est d'ailleurs un point partagé par certains des professionnels interrogés qui considéraient leur utilisation moins importante que leurs homologues :

*« Les autres parcours [de golf] traitent beaucoup et ne respectent pas souvent les délais de réentrée. Et beaucoup achètent des produits non homologués en France » (Golf B).*

*« Les clubs pros par exemple, tous les 15 jours ils traitent en prévention » (équipements sportifs)*

Nous pouvons donc conclure qu'il y a une sous-estimation des utilisations de pesticides dans notre échantillon. D'ailleurs, seuls deux professionnels ont accepté de nous fournir leur calendrier de traitement.

Concernant le port des EPI, les informations données par les responsables sont à interpréter avec précaution. En effet, parmi les utilisateurs de pesticides, seules deux personnes réalisaient également les traitements. Nous connaissons donc les équipements prescrits par les responsables, mais nous n'avons pas d'information sur leur réelle observance. Un biais de prévarication n'est donc pas à exclure dans ce contexte de défiance.

### 5.3.4.3 AVANTAGES ET LIMITES DES ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

Nous avons choisi de conduire des entretiens semi-directifs en face à face afin d'entamer un dialogue et développer une relation de confiance avec les professionnels souvent méfiants au début des entretiens. Les personnes interrogées déclaraient initialement ne pas utiliser de pesticides, mais au fil des échanges, elles étaient plus à l'aise pour divulguer les informations. Le fait de se déplacer sur site a également été un point positif, car cela nous a permis de voir le matériel et les environnements de travail.

Le format des entretiens semi-directifs semblait donc un outil approprié pour initier le dialogue avec ces professionnels. Cependant, le format « conversationnel » a aussi pu induire des pertes d'information en raison de rythme de parole et de la nécessité d'interaction. Nous avons perdu certaines informations prévues dans le guide d'entretien, notamment les fréquences d'utilisation des pesticides et des EPI.

Aussi, le modèle des entretiens en face à face a pu entraîner différents biais qui ont conduit les répondants à modifier leur réponse. On peut citer en premier lieu le biais de désirabilité sociale qui consiste à se montrer sous une facette positive aux yeux des enquêteurs et de soi-même. Cela renforce l'hypothèse d'une sous-déclaration de l'utilisation des pesticides ou une surestimation de l'observance des EPI. De plus, comme nous l'avons démontré au cours de ces entretiens, la plupart des personnes interrogées étaient favorables à une réduction des pesticides dans leur activité professionnelle, ce qui a pu entraîner un biais de confirmation. Ce biais se caractérise par une tendance à privilégier les informations qui confirment les idées préconçues ou les croyances de la personne interrogée.

### 5.3.4.4 ÉLÉMENTS A RETENIR POUR LA MISE EN PLACE DE L'ÉTUDE DE TERRAIN PESTEXPO

Ces entretiens semi-directifs nous ont fourni des éléments déterminants pour la mise en place de l'étude de terrain. Premièrement, nous avons fait l'expérience d'un recrutement difficile de ces professionnels à participer à des enquêtes relatives à l'usage des pesticides. Il apparaît donc primordial d'insister sur la finalité des résultats à savoir la mise en place d'actions de prévention spécifiques à chaque travailleur. En effet, à l'issue des mesures des expositions, un retour individuel des résultats auprès de chaque participant est prévu. Ainsi, il leur sera possible de savoir s'ils sont exposés et dans quelles situations. Ces informations offriront la possibilité à l'employeur de mettre en place des actions pour limiter les contaminations. La plupart des personnes enquêtées se sentaient suffisamment protégées par les EPI. Cette campagne de mesure en conditions réelles de travail sera l'opportunité pour eux de connaître le niveau de protection réel des équipements et les faire évoluer si besoin.

Nous avons mis en évidence également une appréhension à participer de peur que les informations ne soient divulguées publiquement. Il est donc crucial de mettre l'accent sur le protocole de protection des données mis en place et les rassurer sur le caractère anonyme des résultats.

En termes d'équipement de protection individuelle, toutes les personnes interrogées qui utilisaient des pesticides déclaraient porter une combinaison pour se protéger des expositions. Le protocole qui sera choisi pour la mesure des contaminations cutanées devra donc prendre en compte cet aspect et privilégier une méthode n'entravant pas l'observance habituelle des combinaisons.

En ce qui concerne les matières actives utilisées dans ce secteur, nous avons vu qu'il s'agissait principalement de fongicides pour les golfs et terrains de sport et de fongicides et insecticides pour la production horticole. Les herbicides sont utilisés dans les deux secteurs, mais de façon plus sporadique. Du fait de la loi Labbé, l'application de pesticides dans les espaces publics n'est plus autorisée et cette interdiction va s'étendre très prochainement aux terrains de sport et golf (1<sup>er</sup> janvier 2025). Il faudra donc prévoir de se concentrer sur les produits autorisés en agriculture biologique pour les espaces verts publics. Cependant, il est important de noter qu'une dérogation de la loi Labbé est prévue pour les terrains accueillant des compétitions officielles, apparemment en l'absence de solution alternative pour obtenir la qualité requise pour la compétition. Il pourra donc être envisagé de réaliser des mesures d'exposition lors d'application de fongicides sur ces terrains. Concernant les horticulteurs et pépiniéristes, il faudra prévoir de réaliser des observations lors de traitement aux insecticides et aux fongicides afin d'avoir une vision d'ensemble des situations de traitement. Les campagnes de désherbage se déroulant principalement au printemps et à l'automne, il faudra anticiper le recrutement des participants pour pouvoir observer ces traitements également.

## 5.4 MISE EN PLACE DE L'ÉTUDE DE TERRAIN

### 5.4.1 PROTOCOLE

#### 5.4.1.1 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

➤ **Objectif principal**

L'objectif de cette étude de terrain est de mesurer les contaminations cutanées et respiratoires aux pesticides et biopesticides en conditions réelles de travail lors de la préparation, application, nettoyage et travail de réentrée chez divers travailleurs en espaces verts, dont des jardiniers paysagistes, des horticulteurs spécialisés dans la culture florale et des pépiniéristes d'ornement.

➤ **Objectifs secondaires**

- i) Déterminer la distribution des contaminations cutanées (zones du corps les plus exposées selon les tâches)
- ii) Identifier les déterminants de l'exposition associés au niveau de contamination
- iii) Construire un algorithme permettant de calculer les niveaux d'exposition dans les études épidémiologiques (telles qu'Agrican), qui puissent être croisés avec les données de la matrice cultures-expositions Pestimat pour estimer des expositions pour des pesticides spécifiques

#### 5.4.1.2 POPULATION

➤ **Sujets inclus**

Cinq groupes de travailleurs sont concernés par cette étude : i) horticulteurs spécialisés dans la production florale; ii) pépiniéristes d'ornement; iii) employés municipaux; iv) employés de terrains de sport et golfs et v) jardiniers et paysagistes privés. Dans chaque groupe, 20 observations sont attendues pour un total de 100 observations.

➤ **Critères d'éligibilité**

Les travailleurs éligibles sont des hommes et des femmes réalisant des traitements aux pesticides et biopesticides et/ou travaux de réentrée dans le secteur des espaces verts, horticulture et pépinière. Les participants doivent être âgés de plus de 18 ans et avoir donné

leur consentement écrit et éclairé pour participer à l'étude. Une notice d'information leur sera remise individuellement. Les traitements considérés sont les traitements phytopharmaceutiques ainsi que les traitements autorisés en agriculture biologique (**Annexe 9**).

#### ➤ **Modalité de recrutement**

Le recrutement est basé sur le volontariat et concerne la Gironde, le Calvados et les départements limitrophes. Le contact est réalisé par diverses voies : par courrier (**Annexe 10**) et appel téléphonique (avec le soutien de l'Unep, de la MSA, ainsi qu'à partir de listes dans les annuaires).

Le recrutement concerne également les golfs et jardiniers/paysagistes privés basés en Gironde, Calvados et départements limitrophes.

Concernant les employés municipaux et agents d'entretien des terrains de sport, une stratification sur la taille de la ville et/ou sur la taille des structures est envisagée, afin de prendre en compte de potentielles pratiques professionnelles et organisation de travail dépendantes de la taille de la ville ou du service espaces verts.

#### **5.4.1.3 PESTICIDES MESURES**

Compte tenu de la grande diversité de matières actives utilisées en espaces verts, aucune restriction vis-à-vis du choix des molécules mesurées n'est faite a priori. Bien que des entretiens en amont des journées d'observations soient réalisés, il n'est pas toujours possible d'anticiper les matières actives employées le jour des observations. Les pesticides conventionnels en horticulture, pépinières et terrains de sport et golfs sont visés en priorité, mais compte tenu de la loi Labbé qui interdit leur utilisation dans les espaces publics, les pesticides autorisés en agriculture biologique sont également inclus, notamment pour les employés municipaux, jardiniers et paysagistes privés.

#### 5.4.1.4 PROCEDURE DE LA RECHERCHE

##### 5.4.1.4.1 OBSERVATION SUR LE TERRAIN

###### ➤ Déroulé de la journée d'observation

Les participants sont suivis durant une journée entière de travail et il leur est demandé de ne pas modifier leurs habitudes de travail. Deux observateurs sont présents au cours de chaque journée. Chaque participant est filmé durant toute la période de traitement et des photos sont prises à chaque moment clé. L'environnement de travail ainsi que le matériel utilisé sont décrits et photographiés. Les participants sont observés durant la phase de préparation de la bouillie (dans la cuve ou dans le pulvérisateur), à l'application, lors du nettoyage s'il est réalisé ou lors de tâches de réentrée.

###### ➤ Mesure de l'exposition cutanée

L'exposition cutanée du corps est mesurée par la méthode des patchs développée par Durham and Wolfe (1962) puis recommandée par l'OCDE (OCDE, 1997). Dans cette méthode, les patchs sont des dosimètres disposés directement sur la peau qui vont recueillir les pesticides de façon passive. Les patchs sont composés de trois parties attachées par des agrafes à chaque coin (**Figure 51**) : i) La partie dosimètre est composée d'une compresse de gaze tissée et stérile de 10x10 cm ; ii) une feuille d'aluminium empêchant les pesticides capturés par la compresse de traverser et iii) une bande adhésive (de type Hypafix<sup>®</sup>) se collant sur la peau de la personne.

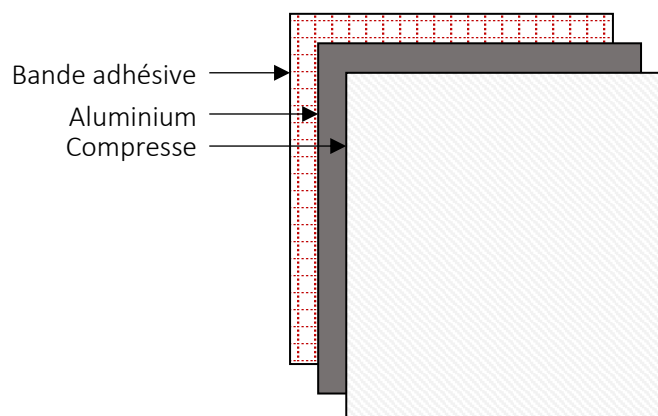


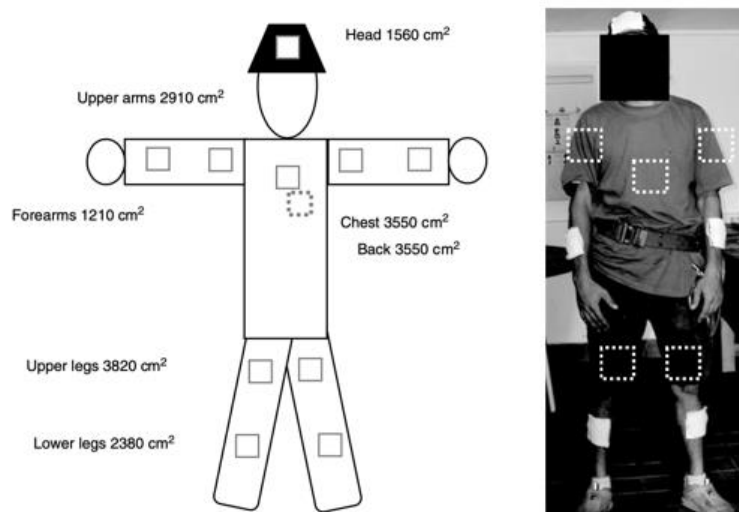
FIGURE 51: DISPOSITION DES COUCHES COMPOSANT LES PATCHS



Ces patchs seront placés sur 11 parties du corps, en dessous des EPI et des vêtements (Tableau 67, Figure 52)

**TABLEAU 67:** LOCALISATION DES PATCHS ET SURFACE (CM<sup>2</sup>) DES ZONES CORPORELLES CONCERNEES

Zone du corps	Surface (cm <sup>2</sup> )	Nombre de patchs et localisation
Tête/visage	1300	1 – Casquette ou capuche
Dos	3550	1 – En dessous des omoplates
Poitrine/estomac	3550	1 – Ventre
Bras	2910	2 – Face extérieure du bras, au milieu
Avant-bras	1210	2 – Face extérieure de l'avant-bras, au milieu
Cuisse	3820	2 – Face antérieure, au milieu
Jambe	2380	2 – Face antérieure, au milieu



**FIGURE 52 :** DISPOSITION DES PATCHS (BALDI ET AL. 2006)

Cette méthode a été choisie plutôt que celle du corps entier (mesuré à l'aide d'une combinaison), car elle respecte mieux les habitudes de travail de ce type de travailleurs. En effet, par temps chaud, ils ne portent pas systématiquement des combinaisons. Elle est également plus économique, car les patchs sont moins onéreux que les combinaisons et elle nécessite moins de solvants et de temps pour l'extraction des molécules. Une précaution doit cependant être prise vis-à-vis du risque d'allergie à la partie adhésive des patchs. Il est donc systématiquement demandé si le participant a déjà présenté des allergies aux pansements adhésifs. Si oui, le participant est exclu de l'étude.

L'exposition des mains est mesurée grâce à des gants en coton qui sont changés entre chaque phase. Ces gants sont portés sous les gants de protection si ceux-ci sont habituellement portés. Lorsque le port de gants en coton n'est pas possible (refus du participant qui considère que les gants entravent les gestes habituels du travail), un lavage de mains à l'eau est réalisé sur le principe d'un décrochage mécanique des molécules par frottement.

#### ➤ **Mesure de l'exposition respiratoire**

La fraction inhalable est mesurée à l'aide d'une pompe portative Gilian 3500 reliée à un tube Orbo 49P placé dans la zone de respiration. Ce tube contient un filtre en fibres de verre pour capturer les aérosols et une résine pour les parties gazeuses. Un débit minimum de 1 L/min a été retenu. Le tube pointe vers le bas pour mimer au plus juste l'anatomie du nez et éviter le risque de projection sur le tube, et le côté où le tube est disposé est noté.

La pompe est positionnée de façon à ne pas entraver l'activité du travailleur (généralement dans le dos pour les personnes travaillant debout et sur le côté pour celles qui sont assises). Elles sont attachées grâce à une ceinture ou un harnais. Elles ont été étalonnées au préalable par le fournisseur et la date du dernier étalonnage et du prochain a été consignée. Les pompes sont calibrées avant et après chaque prélèvement et le débit est renseigné pour chaque mesure. Le débit est calculé en prenant la valeur moyenne.

#### ➤ **Mesures environnementales**

Lorsque cela est possible, un prélèvement de la cuve est réalisé par le moniteur de terrain à l'aide d'une pipette et transvasé dans un tube afin de disposer d'une valeur de concentration de la bouillie. Des paramètres météorologiques, à savoir la température, la vitesse du vent, la pression atmosphérique et le taux d'humidité sont relevés à l'aide de stations météorologiques portatives et renseignés dans le cahier d'observation (**Annexe 11**).

#### ➤ **Observations des tâches**

Les travailleurs sont suivis par deux moniteurs de terrain durant toute la phase de travail. Des vidéos et des photos sont réalisées pour consigner les tâches et les gestes dans le cahier d'observation tout au long de chaque phase (**Annexe 11, Annexe 12, Tableau 68, Tableau 69**) :

**TABLEAU 68 :** CARACTERISTIQUES RELEVÉES DANS LES CAHIERS D'OBSERVATIONS LORS DE JOURNÉES DE TRAITEMENT

Préparation	Application	Nettoyage
Tenue vestimentaire pour la tête, le tronc, les jambes et les pieds		
Équipement de protection individuelle : masque, combinaison et gants		
Lieu	Nombre de parcelles/serres traitées Nombre de rangs par parcelle Nombre de demi-tours Nombre d'aller-retour	Lieu Devenir des produits restants dans la cuve
Gestes de l'ouverture et du vidage des sachets/bidons	Gestes lors de l'application : position de la lance/pulvérisateur,	Gestes lors du rinçage de la cuve
Ordre d'incorporation des spécialités commerciales et de l'eau	direction du jet Description du trajet et des déplacements sur la parcelle/serre	Nombre de contacts avec la cuve
Utilisation d'un récipient intermédiaire	Intervention sur le pulvérisateur Descente du tracteur Intervention sur la rampe	
Interruption de la tâche (nombre de fois, raisons et gestion des EPI)		
Lavage de mains et/ou visage à la fin de la tâche		

**TABLEAU 69:** CARACTERISTIQUES RELEVÉES DANS LE CAHIER D'OBSERVATION LORS DE TRAVAUX DE REENTRÉE

Réentrée
Tenue vestimentaire pour la tête, le tronc, les jambes et les pieds
Équipement de protection individuelle : masque, combinaison et gants
Description de la tâche par l'opérateur
Traitement réalisé précédemment (date, nom de la spécialité commerciale, dose à l'hectare, matériel d'application, etc.) et à proximité de l'opérateur/
Tâche réalisée
Nombre de parcelles/serre et rangs, temps par rang, par parcelle, nombre d'allers-retours dans le rang
Position du travailleur
Interruption de la tâche (nombre de fois, raisons et gestion des EPI)
Matériel utilisé
Travail en équipe
Description factuelle de la tâche
Lavage de mains et/ou visage à la fin de la tâche

Le nom des matières actives, leur formulation, concentration, quantité, et nombre de sachets/bidons utilisés sont notés, ainsi que la durée de chaque tâche (et de la journée) et toute remarque spécifique sur le déroulement de la journée.

### ➤ **Caractéristiques du matériel et de l'environnement de travail**

Les caractéristiques du matériel et de l'environnement de travail sont consignées dans le cahier d'observation, le plus souvent au cours des observations de terrain, avec d'éventuels compléments ultérieurs à l'aide des photos et vidéos.

Un questionnaire sur les caractéristiques de l'exploitation ou de l'entreprise, remis préalablement au gérant ou chef d'exploitation (**Annexe 13**) relève trois types d'informations : i) caractéristiques de l'entreprise/exploitation/service espaces verts de la ville (nom, adresse ancienneté, statut privé municipal ou associatif pour les golfs, nombre d'employés (et leurs équivalents temps plein), leurs statuts, leurs missions, etc.); ii) Activités culturelles et/ou d'entretien et iii) traitements pesticides réalisés en distinguant les traitements conventionnels et ceux autorisés en agriculture biologique. Pour les professionnels concernés par la loi Labbé, les dates de début et de fin d'utilisation des produits conventionnels seront relevées.

### ➤ **Caractéristiques du travailleur**

Dans le cahier d'observation, les caractéristiques du travailleur sont renseignées : nom, prénom, genre, date et lieu de naissance, adresse de résidence, numéro de téléphone, adresse mail, niveau de formation, statut et ancienneté dans l'entreprise et le temps de travail; ainsi que le poids, la taille, la préférence manuelle (droitier ou gaucher) et le statut tabagique.

Le volet consacré à l'utilisation de pesticides contient les informations suivantes : ancienneté dans l'utilisation des pesticides, date de dernière utilisation des matières actives (utilisées le jour de l'observation), obtention du Certiphyto (année du dernier diplôme) et rôle dans le traitement (préparation, application, nettoyage).

À la fin de la journée d'observation, un questionnaire sur la perception de la journée de travail est administré au travailleur qui mentionne s'il s'agissait d'une journée habituelle de travail, les types d'incidents habituellement vécus lors de journées de travail « classiques », d'éventuelles modifications entraînées par les observations, etc. L'observateur mentionne également son ressenti sur l'attitude du travailleur : naturelle ou non, attitude vis-à-vis du port des EPI.

#### **5.4.1.4.2 PROCEDURE D'ECHANTILLONNAGE**

À la fin de chaque tâche, les moniteurs de terrain aident les opérateurs à retirer leurs EPI s'ils en portent (combinaisons, gants et masque). Munis d'une paire de gants en nitrile neufs, ils retirent les deux pompes portatives et récupèrent les filtres et tubes pour les emballer dans des feuilles d'aluminium étiquetées avant de les placer dans une glacière.

Concernant les dosimètres cutanés, les gants en coton sont retirés en premier, placés immédiatement dans des feuilles d'aluminium pour les protéger de la lumière et placés dans un sac en plastique zippé préalablement étiqueté. Il est ensuite demandé au travailleur de retirer ou soulever les vêtements sous lesquels auront été placés les patchs, qui sont enlevés un à un par l'opérateur et placés individuellement dans une feuille d'aluminium étiquetée au préalable. L'ensemble des patchs est disposé dans le sac plastique contenant les gants en coton retirés lors de la phase précédente.

Si un lavage de main est prévu, celui-ci est effectué directement après cette étape en versant 500 ml d'eau directement sur les mains, au-dessus d'une barquette en aluminium. Il est demandé au travailleur de se frotter énergiquement les mains lors de cette étape. Les 500 ml versés dans la barquette en aluminium seront transvasés dans une bouteille en aluminium hermétique étiquetée puis placée dans la glacière. Un lavage de mains avant le début des observations est réalisé pour disposer d'un blanc avant les tâches exposantes.

#### **5.4.1.4.3 TRANSPORT ET STOCKAGE DES ECHANTILLONS**

Les échantillons sont stockés dans des glacières le temps d'être acheminés vers une chambre froide à -20 °C jusqu'au dosage. Le temps entre le stockage à -20 °C et le dosage est noté.

#### **5.4.1.4.4 DOSAGE DES PESTICIDES**

Les pesticides sont extraits des patchs, gants et filtres par extraction solide-liquide à l'aide de solvants. Les échantillons sont analysés par chromatographie selon une méthode adaptée aux propriétés physico-chimiques des molécules (liquide ou gazeuse) couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC-MS-MS ou LC-MS-MS). Une première étape consiste, si elles ne sont pas disponibles, à développer les techniques analytiques pour identifier et quantifier les molécules. Une validation des méthodes sera réalisée sur plusieurs matrices pour déterminer les rendements d'extraction et la répétabilité et reproductibilité de ces méthodes.

#### 5.4.1.5 ANALYSE STATISTIQUE

##### 5.4.1.5.1 CALCUL DES EXPOSITIONS CUTANEE ET RESPIRATOIRE

###### ➤ Exposition cutanée

L'exposition cutanée totale est calculée en mesurant la concentration de pesticides sur les patchs, gants/lavage de mains. La quantité de pesticides par patchs (en µg ou mg/patch) et par gants est divisée par l'aire du patch ou du gant (cm<sup>2</sup>) pour exprimer une valeur en mg/cm<sup>2</sup> ou µg/cm<sup>2</sup>. Pour chaque région du corps, le coefficient correspondant à la surface de peau (**Tableau 67**) (en cm<sup>2</sup>) est appliqué pour donner une valeur par zone du corps (en mg ou µg). L'exposition cutanée journalière est calculée en sommant les différentes régions du corps et exprimée en mg ou µg. La contamination par heure est enfin calculée pour chaque observation en divisant la valeur obtenue précédemment par la durée de la tâche et exprimée en µg ou mg/h.

###### ➤ Exposition respiratoire

La contamination respiratoire est calculée à partir des concentrations mesurées dans les dosimètres. La concentration (exprimée en mg/m<sup>2</sup> ou µg/m<sup>2</sup>) est calculée grâce à la formule suivante :

$$\text{Concentration (mg/m}^2\text{)} = \frac{\text{quantité mesurée (mg ou } \mu\text{g)}}{\text{débit respiratoire (L/min)} \times \text{temps (min)}} \times 1000 \text{ L/m}^3$$

La quantité inhalée est estimée en multipliant cette concentration par le débit respiratoire approprié pour la tâche.

##### 5.4.1.5.2 ANALYSES STATISTIQUES

###### ➤ Sélection *a priori* des déterminants de l'exposition

La revue de littérature sur les études d'expologie et les études Pestexpo réalisées précédemment dans l'équipe ont permis d'identifier *a priori* des déterminants de l'exposition (**Tableau 70**). Ces variables sont relevées de façon standardisée dans les cahiers d'observation.

TABLEAU 70: VARIABLES SELECTIONNEES A PRIORI POUVANT EXPLIQUER LES NIVEAUX DE CONTAMINATION

Tâche	Déterminants <i>a priori</i>
<p>Traitement ou réentrée</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Caractéristiques de l'entreprise</b> : surface, nombre d'employés, type de culture, etc.</li> <li>• <b>Caractéristiques l'opérateur</b> : âge, niveau de formation, ancienneté dans l'utilisation de pesticides, vêtements et EPI portés, etc.</li> <li>• <b>Caractéristiques des équipements</b> : pulvérisateur (type, ancienneté, nature de la lance et du spray, etc.), tracteur (ancienneté, présence d'une cabine, etc.)</li> <li>• <b>Déroulement de la journée</b> : nombre de phases, fréquence des incidents/accidents</li> <li>• <b>Conditions météorologiques</b> : température, hygrométrie, vitesse du vent et orientation</li> </ul>
<p>Préparation</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conditions générales</b> : endroit, ventilation, durée, incident</li> <li>• <b>Caractéristiques des équipements</b> : type de pulvérisateur, volume de la cuve, type d'ouverture, etc.</li> <li>• <b>Produit</b> : quantité, formulation, concentration en matière active, nombre de bidons/sachets, addition d'autres produits</li> <li>• <b>Déroulement de la phase</b> : ouverture des bidons/sachets, remplissage de la cuve, utilisation d'un récipient intermédiaire, rinçage des bidons</li> </ul>
<p>Application</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conditions générales</b> : durée, nombre de manœuvres/demi-tours, sorties de cabine, intervention sur le matériel, incidents</li> <li>• <b>Caractéristiques de l'application</b> : volume, pression, direction du jet, vitesse d'avancement</li> <li>• <b>Caractéristiques du matériel</b> : type de pulvérisateur, présence d'une cabine, présence d'une rampe, le nombre et le type de buse, etc.</li> <li>• <b>Caractéristiques de la surface traitée</b> : surface, nombre de parcelles et de rangs, espacement entre les rangs, hauteur des plantes, pente du terrain</li> </ul>
<p>Nettoyage</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conditions générales</b> : durée, endroit</li> <li>• <b>Déroulement de la phase</b> : vidange de la cuve, contact avec le matériel, nettoyage des buses</li> <li>• <b>Caractéristiques du matériel</b> : Type de lance, utilisation d'un jet d'eau à haute pression, éponge, etc. ;</li> </ul>
<p>Réentrée</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conditions générales</b> : durée, endroit</li> <li>• <b>Déroulement de la tâche</b> : nombre de rangs, contact avec la végétation, position du travailleur, etc.</li> <li>• <b>Caractéristiques du matériel</b> : outils utilisés, véhicules, tracteur</li> </ul>

## ➤ Modèles statistiques

Lorsque l'ensemble des données seront disponibles, l'analyse statistique pourra être menée – a priori donc au cours de l'année 2023.

Pour les variables quantitatives, la normalité de la distribution sera vérifiée afin de procéder à une transformation logarithmique si nécessaire. Les caractéristiques des travailleurs, entreprises, tâches, matériels seront décrites en termes de moyenne ou médiane, écart-type, étendue pour les variables quantitatives et fréquences pour les variables qualitatives. Le test de Student estimera les différences des contaminations cutanées et respiratoires lors des différentes tâches (préparation, application, nettoyage). Des régressions linéaires et le calcul du coefficient de Pearson estimeront la corrélation entre les contaminations cutanée et respiratoire. La significativité sera fixée pour une valeur du  $p < 0,05$ .

L'identification des déterminants des niveaux d'exposition se fera en deux étapes :

1. Analyses univariées (test de Fisher exact, test de Student ou régression linéaire) pour étudier les différences de contaminations en fonction des variables sélectionnées *a priori* (**Tableau 70**). Les variables présentant des corrélations significatives ( $p < 0,20$ ) seront retenues pour les analyses multivariées.
2. Analyses multivariées : seront intégrées les variables significatives et pertinentes identifiées lors de la première étape. Puis une méthode pas-à-pas descendante permettra de retenir les variables significatives ( $p < 0,10$ ) qui seront retenues pour le modèle final.

Il devra peut-être envisager d'estimer la potentielle corrélation entre les données appariées (plusieurs observations pour un travailleur). L'analyse des données sera réalisée à l'aide du logiciel R.

### 5.4.1.6 CONSIDERATIONS ETHIQUES ET LEGALES

Une information est donnée oralement auprès des participants avant le début des observations et porte sur les finalités de l'étude, les modalités des participants à exercer leur droit d'opposition et de rectification à tout moment de l'étude. Une note d'information leur reprenant ces éléments leur est également fournie (**Annexe 14**). Une feuille de consentement est signée en deux exemplaires : un gardé par l'équipe de recherche et un autre par le participant (**Annexe 15**). Les données sont anonymisées et conservées dans une base de données dédiée à cette étude.



L'ensemble des résultats sera analysé de manière anonyme par l'équipe de recherche. Aucune information sur l'identité des participants ne sera révélée et seules les données anonymes seront communiquées. Si des photos ou vidéos sont diffusées dans le cadre de communications orales ou écrites, le visage des participants sera masqué ainsi que tout détail permettant d'identifier les participants ou l'entreprise.

#### **5.4.1.7 RESTITUTION DES RESULTATS**

Un retour d'information confidentiel sera fait auprès de chacun des participants et permettra de connaître les doses reçues. L'équipe de recherche se tiendra à disposition des participants et entreprises pour expliquer les résultats.

Toujours dans le respect complet de l'anonymat, les résultats des observations et analyses statistiques seront publiés en libre accès dans un journal scientifique international. Des communications orales et écrites lors de congrès nationaux et internationaux seront également envisagées. Les résultats seront également présentés dans l'un des bulletins d'information d'Agrican et de l'Unep.

## 5.4.2 RESULTATS DES PREMIERES OBSERVATIONS

### 5.4.2.1 INTRODUCTION

Les premières observations sur le terrain ont été réalisées entre juin et juillet 2022 au sein d'une pépinière spécialisée dans la culture d'arbres et d'arbustes ornementaux. Au total, six applicateurs de pesticides ont été suivis chacun par deux observateurs, dans trois situations de travail différentes (sous serre, hors-sol extérieur, plein champ) au cours de cinq journées :

- Journée 1 : sous serre et en hors-sol extérieur. Nous avons prévu de réaliser davantage d'observations, mais nous avons dû écourter à cause de la pluie.
- Journées 2 à 5 : plein champ

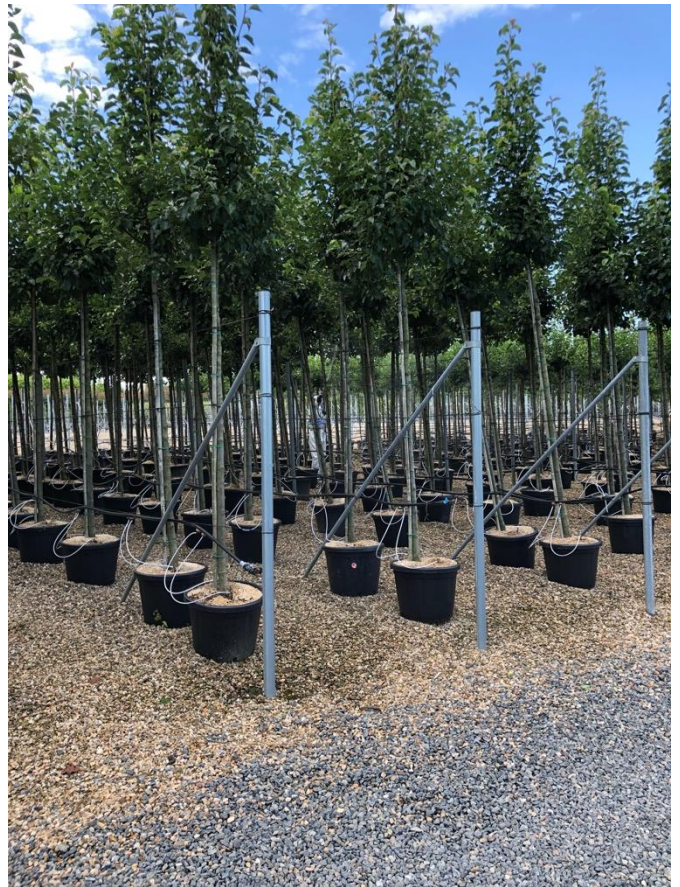
Un problème d'approvisionnement en filtres et tubes nécessaires n'a pas rendu possible la mesure de l'exposition respiratoire, pour ces six premières observations : seules les expositions cutanées ont donc été mesurées. En date de parution de cette thèse, les dosimètres sont en cours d'extraction et d'analyse par le laboratoire. Ce chapitre présentera les observations réalisées, l'identification des potentiels déterminants de l'exposition et les pistes d'amélioration du protocole envisagées pour la suite de la campagne de mesure.

### 5.4.2.2 DESCRIPTION DE LA PEPINIERE ET DES TRAITEMENTS EFFECTUES

Les observations ont été menées en Nouvelle-Aquitaine, au sein d'une pépinière ornementale. Cette exploitation comprend plus de 250 hectares de surfaces agricoles utiles (SAU) réparties entre cultures en plein champ (230 ha) et cultures hors sol (20 ha) en pots en extérieur ou sous serre. Au total, 95 salariés sont employés à l'année (soit 115 équivalents temps plein) et 20 possédants le Certiphyto sont habilités à appliquer des pesticides.

La partie plein champ est répartie sur 4 communes situées à proximité des locaux et concerne la culture d'arbres d'ornement, arbres fruitiers, arbustes, conifères et cépées (arbres ayant plusieurs troncs à la base). Ces arbres sont issus de jeunes plants, plantés manuellement et cultivés entre 2 et 10 ans selon les essences. La plupart sont tuteurés et attachés comme nous le montre la **Figure 53**.

La partie hors sol correspond à la production en pots en extérieur ou sous serre. En plus des plantes mentionnées ci-dessus, la partie hors sol permet également la production de vivaces et plantes à massifs. La grande majorité de cette production est réalisée en extérieur (18 ha), mais la pépinière compte une vingtaine de serres (environ 2 ha) en plastique de type tunnel ou bitunnel reliés.



**FIGURE 53:** PHOTOS DES ENVIRONNEMENTS DE TRAVAIL LORS DES MESURES REALISEES DANS UNE PEPINIERE : PLEIN CHAMP (EN HAUT A GAUCHE), HORS SOL EXTERIEUR (EN HAUT A DROITE) ET SERRE (EN BAS) — ETUDE PESTEXPO

En pleine terre, des insecticides, fongicides et herbicides sont appliqués tandis qu'en hors-sol, il s'agit exclusivement d'insecticides et fongicides.

Au cours de l'année 2021, 217 traitements ont été réalisés sur l'exploitation dont une grande majorité en hors sol (167 applications soit 77 %) (**Tableau 71**) principalement avec des insecticides : 116 applications et 15 spécialités commerciales recensées, les plus fréquentes étant MOVENTO (Spiotétramet), TEPPEKI (Flonicamid) et FLORAMITE 240 SC (bifénazate et 1,2 benzisothiazol-3(2H)-one). En hors-sol, le reste des traitements étaient des fongicides (55 applications, 13 spécialités commerciales). Les spécialités commerciales les plus fréquemment appliquées étaient le SCORE (Difénoconazole), suivi du BOTRYL (cyprodinil et fludioxonil) et du CHAMP FLO AMPLI (Cuivre d'hydroxyde de cuivre).

En pleine terre, le nombre de traitements était moins important : 50 applications au total, essentiellement des insecticides (29 applications, 13 spécialités commerciales avec le MOVENTO au premier rang suivi du DECIS PROTECH (deltaméthrine) et de l'ENDIVOR (Spirodiclofen)). Neuf spécialités commerciales à base de fongicide ont été recensées et appliquées 21 fois en 2021. Le produit le plus fréquemment appliqué était l'ALLIAGE (Krésoxym méthyl) suivi du DICOFOR 240 EC (difénoconazole) et du CUPROXAT SC (Cuivre de sulfate de cuivre tribasique). Un herbicide a été utilisé une fois en pleine terre : le WINCH (oryzalin et isoxabène).

**TABLEAU 71:** SYNTHÈSE DU CALENDRIER DE TRAITEMENT DE LA PÉPINIÈRE POUR L'ANNÉE 2021

	Spécialité commerciale	Substance active	Nombre d'applications	En hors-sol	En pleine terre
Insecticides	MOVENTO	Spriotetramet	29	22	7
	TEPEKI	Flonicamid	18	17	1
	FLORAMITE 240 SC	Bifénazate + 1,2 benzisothiazol-3 (2H)-one	13	13	0
	ADMIRAL PRO	Pyriproxyfen	12	11	1
	VERTIMEC PRO	Abamectine	12	12	0
	KARATE ZEON	Lambda-cyhalothrine	11	9	2
	CONSERVE	Spinosad	8	8	0
	DECIS PROTECH	Deltaméthrine	8	3	5
	TALITA SMART	Tau-fluvalinate	7	6	1
	MASAI	Tébufenpyrad	5	4	1
	BORNEO	Etoxanole	4	2	2
	KUSTI	Lambda-cyhalothrine	4	2	2
	ENVIDOR	Spridiclofen	3	0	3
	MAINSRING	Cyantraniliprole	3	3	0
	NISSORUN SC	Hexythiazox	3	2	1
	NEEMAZAL T/S	Azadirachtin	2	2	0
	SPUZIT EC PRO	Pyréthres naturels	2	0	2
Fongicides	SCORE	Difenoconazole	14	12	2
	BOTRYL	Cyprodinil + fludioxonil	9	8	1
	CHAMP FLO AMPLI	Cuivre d'hydroxyde de Cuivre	6	6	0
	TAKUMI	Cyflufenamid	6	4	2
	ALLIAGE	Kresoxim-méthyl	5	1	4
	SYSTHANE FLEX	Myclobutanil	5	4	1
	ALIETTE	Fosétyl Al	4	4	0
	SANTHAL	Metalaxyl-M	4	4	0
	DIFCOR 240 EC	Difenoconazole	4	1	3
	SIGNUM	Boscalid + pyraclostroline	4	2	2
	CUPROXAT SC	Cuivre de sulfate de cuivre tribasique	3	0	3
	CUPROCOL DUO	Oxychlorure de cuivre + hydroxyde de cuivre	3	0	3
	FORUM PM	Diméthomorphe	2	2	0
	REVUS	Mandipropamid	2	2	0
	ALIBI FLORA	Azoxystrobine + difénoconazole	1	1	0
Herbicides	WINCH	Oryzalin + Isoxaben	1	0	1

### 5.4.2.3 OBSERVATION SOUS SERRE

Lors de la première campagne de mesure, nous avons suivi un applicateur en serre, un homme de 46 ans ayant trois ans d'ancienneté dans la pépinière et dans l'utilisation de pesticides. Au total, trois préparations, trois applications et un nettoyage ont été réalisés lors de la journée. Deux insecticides ont été appliqués, l'ALIBI FLORA (une application) et le FLORAMITE (deux applications), avec un atomiseur thermique d'une capacité de 14 L (**Figure 54**). Pour toutes les tâches, le travailleur était équipé d'une combinaison à usage unique de type Tyvek, de gants épais en latex et d'un masque intégral à cartouche. Deux autres collègues étaient également présents pour réaliser les mêmes traitements.



**FIGURE 54:** ATOMISEUR THERMIQUE UTILISE LORS DES TRAITEMENTS SOUS SERRES – ETUDE PESTEXPO

Avant le départ sur les sites de traitements, l'opérateur a été équipé avec les dosimètres (patches et gants en coton) dans les vestiaires situés au niveau du local technique. Il a ensuite mis sa combinaison Tyvek.

#### 5.4.2.3.1 DESCRIPTION DES PREPARATIONS

##### ➤ ALIBI FLORA

Toutes les préparations ont été réalisées directement à côté des serres (**Figure 55**). La cuve d'eau, les atomiseurs et les produits étaient transportés sur une remorque tirée par un

tracteur. La première préparation concernait l'ALIBI FLORA, un insecticide composé d'azoxystrobine (200g/L) et de difénoconazole (125 g/L) sous forme de suspension concentrée. 25 ml de produit ont été versés dans 14 L d'eau aboutissant à une concentration finale d'azoxystrobine de 0,36 g/L et de difénoconazole de 0,22 g/L.

En arrivant dans la serre, l'opérateur qui ne portait à ce moment-là que sa combinaison Tyvek, a disposé son atomiseur au sol puis a ouvert l'orifice de remplissage. Il a ensuite mis son masque à cartouche et sa capuche puis ses gants en prenant soin de remettre les manches de la combinaison par-dessus. Une fois vêtu de ses EPI, il a procédé à la première préparation comme suit :

- ① Verse le produit dans une coupelle en plastique de 25 ml
- ② Verse dans un seau disposé en dessous de la cuve d'eau
- ③ Ouvre le robinet d'eau dans le seau puis rince la coupelle avec le jet d'eau et directement dans la cuve
- ④ Mélange avec un bâton pendant que l'eau coule
- ⑤ Ferme l'eau et verse le mélange dans son atomiseur
- ⑥ Referme l'atomiseur puis le démarre avant de l'installer sur le tracteur pour le mettre sur le dos.

Cette préparation a duré au total trois minutes. Avant de procéder à l'application, les patchs devaient normalement être retirés. Or, l'opérateur a commencé à traiter avant le changement de patchs. Ils ont été changés au début de l'application.



FIGURE 55: PHASE DE PREPARATION POUR LES TRAITEMENTS SOUS SERRE — ETUDE PESTEXO

#### ➤ FLORAMITE

La deuxième et la troisième préparation ont été réalisées avec FLORAMITE, un insecticide composé de bifénazate à une concentration de 240 g/L. 10 ml de produit ont été versés dans l'atomiseur précédemment utilisé (concentration finale en bifénazate de 0,17 g/L). Avant de commencer la préparation, le travailleur nous a informés qu'il restait un peu de l'ancienne préparation dans l'atomiseur. Les deux préparations ont chacune duré 3 minutes. Les étapes étaient les mêmes que celles décrites précédemment à la différence que le récipient intermédiaire était une cuillère en plastique de 10 ml.

#### 5.4.2.3.2 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION

Lors des trois préparations, nous avons identifié trois potentielles situations d'exposition. Premièrement, lors de l'arrivée dans la première serre, l'opérateur a déplacé l'atomiseur et le seau de la remorque au sol, sans porter de gants de protection. Il a également dévissé sans gants le couvercle du réservoir. Ce matériel a pu être contaminé lors des traitements réalisés la semaine précédente et le travailleur s'est alors potentiellement exposé à d'autres matières actives, notamment au moment de l'ouverture du réservoir à main nue.

De plus, après le versement du produit dans les récipients intermédiaires (coupelle pour la première préparation et cuillère pour la deuxième), ces derniers ont été rincés avec le jet



d'eau et plongés directement dans le seau de mélange. Les gants de protection ont été en contact direct avec le mélange. L'opérateur a donc pu être exposé par des éclaboussures lors du rinçage avec le jet d'eau ainsi qu'à travers les gants si ces derniers étaient perméables. D'autre part, l'opérateur n'ayant pas rincé ses gants à l'eau après cette étape, il est probable qu'il ait contaminé d'autres parties du corps lors de contact avec les gants.

Avant la deuxième préparation, le travailleur a enlevé ses gants pour prendre le récipient intermédiaire dans une caisse en contenant plusieurs. Il a donc manipulé différents récipients avant de trouver celui qui convenait. Comme décrit précédemment, ces ustensiles sont plongés directement dans le seau de mélange avant d'être rangés. Ils sont donc contaminés et le travailleur s'exposait ainsi à leur contact lors de cette manipulation.

#### **5.4.2.3.3 DESCRIPTION DES APPLICATIONS**

##### **➤ Déroulement des opérations**

Trois applications dans trois serres différentes ont été réalisées, chacune durant en moyenne cinq minutes (**Figure 56**).

Lors de la première application, l'opérateur s'est placé au milieu du rang puis a traité en reculant et en dirigeant l'atomiseur de gauche à droite. Les plantes traitées arrivaient à hauteur de hanche, mais suffisamment distantes pour qu'il n'y ait pas contact entre le feuillage et l'opérateur. Un demi-rang dans la longueur de la serre a été traité. Lors de cette première application, un autre collègue était présent également dans la serre pour traiter d'autres rangs plus éloignés.

Lors de la deuxième application, la manière de traiter était sensiblement similaire à la première. Les plantes arrivaient ici au niveau des genoux et l'opérateur n'était pas en contact avec le feuillage. Un rang dans le sens de la longueur de la serre a été traité et l'opérateur était seul dans la serre.

Pour la troisième et dernière application, les plantes étaient plus hautes (au niveau de la poitrine), avec un feuillage plus important. Le travailleur était donc en contact étroit avec les plantes. À l'inverse des applications précédentes, l'application a été réalisée dans plusieurs rangs (dans le sens de la largeur de la serre). L'opérateur commençait donc par rentrer dans un rang puis appliquait le produit en reculant et en dirigeant la lance de gauche à droite. Une fois le rang terminé, il recommençait l'opération sur le rang adjacent.



**FIGURE 56:** APPLICATIONS EN SERRE (DEUXIEME APPLICATION EN HAUT ET TROISIEME APPLICATION EN BAS) – ETUDE PESTEXPO

#### *5.4.2.3.4 IDENTIFICATION DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION LORS DES APPLICATIONS*

Plusieurs éléments décrits dans la littérature comme des déterminants de l'exposition ont été identifiés :

- La densité du feuillage. Lors de la dernière application, les plantes étaient plus denses, et l'application répétée sur plusieurs rangs adjacents, augmentant le risque pour l'opérateur d'entrer en contact avec les végétaux, dont certains avaient déjà été traités. Les analyses des patchs nous permettront de montrer si l'exposition était effectivement plus importante dans ces conditions.

- La hauteur des plantes. Plus les plantes étaient hautes, plus le risque de contaminer les parties non protégées par les bottes semblait important.
- La présence de plusieurs opérateurs dans la serre (tous réalisaient le même traitement). Au cours de la première application, un autre applicateur était présent dans la serre et traitait également. La concentration en pesticide dans l'air ambiant de la serre étant potentiellement élevée lors de cette application : nous pouvons penser que l'exposition par inhalation était élevée (mais non mesurée lors de ces observations) et que la déposition sur la peau a pu se produire également du fait des traitements réalisés par le deuxième opérateur.

#### 5.4.2.3.5 DESCRIPTION DU NETTOYAGE

Après la dernière application, les patchs et gants ont été retirés sur place. Après avoir enlevé le masque, l'opérateur s'est rendu au local technique avec le tracteur pour l'opération de nettoyage (**Figure 57**). Une fois sur place, le travailleur a versé de l'eau directement dans le réservoir de l'atomiseur puis a vidangé dans un bac de traitement biologique enterré (biodégradation par substrat). Enfin, après avoir garé le tracteur, les gants ont été rincés, sans port de masque, avec de possibles projections sur le visage.

L'opérateur ayant pris du retard du fait de notre présence, nous avons fait le choix de ne pas rééquiper l'opérateur avec de nouveaux dosimètres pour la phase de nettoyage.



FIGURE 57: NETTOYAGE DE L'ATOMISEUR APRES APPLICATION SOUS SERRE – ETUDE PESTEXPO

#### 5.4.2.3.6 BILAN DE L'OBSERVATION

##### ➤ Déterminants de l'exposition

Lors de cette première observation en serre, nous avons identifié plusieurs facteurs pouvant influencer l'exposition cutanée (**Tableau 72**).

**TABLEAU 72:** RESUME DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION IDENTIFIES LORS DU TRAITEMENT SOUS SERRE

Phase	Déterminants de l'exposition
Préparation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manipulation du matériel avant le port des EPI</li><li>• Rinçage des récipients intermédiaires dans le seau de mélange</li></ul>
Application	<ul style="list-style-type: none"><li>• Densité et hauteur des plantes</li><li>• Proximité avec des rangs traités</li><li>• Présence d'un autre applicateur dans la serre</li><li>• Conditions climatiques</li></ul>
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"><li>• Éclaboussures lors du rinçage de l'atomiseur au jet d'eau</li></ul>

##### ➤ Effet de l'intervention sur le travail observé

Le protocole initial prévoyait un changement de patches et gants entre chaque phase. Or, dans ces observations, les phases étaient très courtes (trois minutes en moyenne pour les préparations et cinq pour les applications) ce qui n'a pas permis de changer les patches à chaque phase comme prévu. En effet, cette opération interférait trop avec le travail et ralentissait le travailleur. La perte de temps engendrée par le changement des dosimètres a ralenti le travailleur - qui a donc traité moins de rangs que prévu. De plus, les tâches, réalisées habituellement à plusieurs dans une même serre, ont été décalées par rapport à ses collègues, plus en avance que lui. Ainsi, lors des deux dernières applications, ils se trouvaient déjà dans d'autres serres. Nous pouvons supposer que ces différents éléments ont modifié les niveaux d'exposition par rapport à une journée classique, à priori dans le sens d'une diminution.

Notre intervention a également entraîné une manipulation des EPI, ce qui a pu engendrer des expositions supplémentaires. En effet, en temps normal, une fois vêtu de ses EPI, le travailleur n'enlève plus ses gants et n'ouvre pas sa combinaison. Nous ne pouvons exclure une contamination de la peau et des vêtements lors des multiples changements de dosimètres. De plus, la température élevée a entraîné une augmentation de la sudation au fur et à mesure de la journée. Lors des derniers changements des patches, à cause de la transpiration, il avait des difficultés à enlever sa combinaison, multipliant les contacts avec celle-ci. L'exposition mesurée sera donc très certainement surestimée.

Pour la dernière préparation et application, au vu du retard pris par le travailleur et des difficultés à enlever les EPI, nous avons décidé de conserver les mêmes dosimètres. Les valeurs mesurées combineront donc ces deux phases.

#### 5.4.2.4 OBSERVATION EN HORS-SOL EXTERIEUR

Nous avons suivi un travailleur appliquant un fongicide sur des plantes en hors-sol disposées en extérieur. Au total, une préparation, une application et un nettoyage ont été réalisés et observés. Le traitement réalisé était à base de SIGNUM, un fongicide à base de boscalid (267 g/kg) et de pyraclostrobine (67 g/kg) sous forme de granulés dispersibles (300 g de produit dans 200 L d'eau soit une concentration finale en boscalid de 0,4 g/L et en pyraclostrobine de 0,1 g/L). Le matériel d'application consistait en un pulvérisateur traîné, une cuve de 500 L avec un mélangeur et une lance à jet projeté reliée au pulvérisateur par un tuyau à enroulement télécommandable (**Figure 58**). L'opérateur était un homme de 34 ans ayant dix ans d'ancienneté dans l'entreprise et dans l'utilisation de pesticides. Les EPI portés durant les trois tâches étaient une combinaison à usage unique de type Tyvek, des gants en nitrile et un casque intégral ventilé. Il était seul à réaliser le traitement. Dans le cas de cette observation, les patchs et gants ont pu être changés entre chaque phase.



**FIGURE 58:** MATERIEL D'APPLICATION POUR LE TRAITEMENT REALISE EN HORS-SOL EXTERIEUR — ETUDE PESTEXPO

#### 5.4.2.4.1 PREPARATION

##### ➤ Déroulement de la tâche

La préparation s'est déroulée en environ 6 minutes dans le local technique. Une fois les patches et gants mis en place, l'opérateur a enfilé sa combinaison puis ses gants de protection. Il a ensuite ramené le tracteur devant le local technique, à côté des robinets extérieurs. La préparation s'est déroulée comme suit :

- ① Ouverture de l'eau pour commencer à remplir la cuve
- ② Retourne au local pour récupérer le bidon et le ramène au niveau du tracteur
- ③ Dispose la balance à l'arrière du camion et pose un récipient intermédiaire (capacité d'environ 3 L) dessus.
- ④ Met le casque ventilé
- ⑤ Ouvre le bidon, puis verse 300 g de produit dans le récipient intermédiaire
- ⑥ Démarre le tracteur, enlève le tuyau d'eau et verse le contenu du récipient intermédiaire dans la cuve puis referme.
- ⑦ Rince le récipient à l'eau deux fois avec le tuyau au niveau du robinet.
- ⑧ Repose le récipient à l'arrière du tracteur et part ranger le bidon dans le local.

Une fois la préparation terminée et le changement des dosimètres réalisé, l'opérateur part sur la première parcelle à traiter.

##### ➤ Identification des potentiels déterminants de l'exposition

Alors que les travailleurs sous serre précédemment décrits manipulaient leur matériel sans gants, ici, la personne suivie a revêtu ses gants de protection dès la sortie du vestiaire, limitant les possibilités de contamination par des équipements préalablement contaminés. Les gants portés n'étaient pas en latex épais, mais en nitrile, ce qui – en fonction de la nature des molécules – pouvait influencer l'exposition cutanée au niveau des mains.

Au début de la préparation, le casque ventilé n'était pas porté et le visage était donc découvert. L'opérateur manipulait alors le bidon, la balance, le récipient intermédiaire et le tracteur, des gestes qui pouvait conduire à une contamination des gants, et possiblement par la suite une contamination croisée avec d'autres zones du corps – y compris le visage.

Le travailleur n'a pas eu à mélanger le produit à la main, car la cuve du pulvérisateur possédait un mélangeur. Lors du rinçage du récipient intermédiaire au robinet d'eau, il est possible que l'opérateur ait été éclaboussé.

#### 5.4.2.4.2 APPLICATION

##### ➤ Déroulement de la tâche

Trois parcelles ont été traitées pendant une durée totale de 45 minutes avec des déplacements en tracteur entre les parcelles (les déplacements duraient moins d'une minute). Les plantes variaient d'une parcelle à l'autre en termes d'essences, de hauteurs et de densités. Sur toutes les parcelles, l'opérateur se déplaçait en reculant, en dirigeant la lance vers l'avant. Le tuyau était posé sur l'épaule gauche. Sur la première et la deuxième parcelle, les arbres avaient une hauteur comprise entre trois et quatre mètres environ. L'opérateur dirigeait donc la lance vers le haut en effectuant des cercles de part et d'autre du rang (**Figure 59**). Lors de cette opération, une grande partie de nuage de produit retombait sur l'opérateur (principalement au niveau de la tête et du torse). Sur la troisième parcelle, les arbres étaient moins hauts (environ 2 m) et le feuillage plus dense. Le travailleur était donc en contact direct avec le feuillage lorsqu'il se déplaçait dans le rang. Au moment du traitement de cette parcelle, le travailleur se déplaçant en reculant et le vent étant contre lui, le nuage de produit ne lui retombait pas dessus, mais se déposait sur les rangs suivants.

Lors des traitements, le tracteur sur lequel était posée la cuve était garé au bout du rang et recevait fréquemment des projections de produits.



**FIGURE 59:** APPLICATION LORS DE TRAITEMENT EN HORS-SOL EXTERIEUR (PREMIERE PARCELLE)— ETUDE PESTEXPO

➤ **Identification des potentiels déterminants de l'exposition**

Nous avons identifié plusieurs situations potentielles d'exposition lors de l'application en hors-sol extérieur. Premièrement, la direction de la lance vers le haut a entraîné de fortes retombées de produit sur la tête et le haut du corps de l'opérateur. La capuche, le casque et le reste de la combinaison étaient visiblement mouillés. Il est donc fort probable qu'il se soit exposé le haut du corps lors de cette opération. La vitesse et la direction du vent étaient également des éléments pouvant influencer la façon dont le produit se déposait sur l'opérateur.

Lors de la troisième application, l'opérateur était en contact étroit avec les feuillages sur tout le corps. De la même manière que pour les traitements en serre, la densité du feuillage et le contact avec l'opérateur étaient très probablement des déterminants de l'exposition.

Enfin, nous avons identifié le fait de poser le tuyau de la lance sur l'épaule tout au long des applications comme une potentielle situation d'exposition. Le tuyau était probablement contaminé par les dépôts de pesticides lors des applications précédentes et un contact prolongé avec la même zone de la combinaison était susceptible d'entraîner une saturation de celle-ci et de laisser passer du produit. La comparaison des niveaux de contamination entre le bras gauche et le bras droit permettra de vérifier cette hypothèse.



#### 5.4.2.4.3 NETTOYAGE DU MATERIEL DE TRAITEMENT

##### ➤ Dérroulement de la tâche

Le nettoyage a été réalisé au même endroit que pour l'observation précédente, c'est-à-dire à côté du local technique au niveau du bac de récupération des produits. Avant le début du nettoyage, les patchs et gants en coton ont été remplacés puis l'opérateur a remis ses EPI (combinaison, gants et casque). La première étape du nettoyage a consisté à vidanger le produit qui restait dans le bac de traitement prévu à cet effet. Ensuite, un rinçage intérieur de la cuve a été entrepris à l'aide d'un tuyau. À plusieurs reprises, l'opérateur a ouvert le couvercle pour vérifier le niveau d'eau. L'extérieur a également été lavé avec le tuyau d'eau. L'opérateur a ensuite vidangé l'eau incorporée dans la cuve dans le bac. Enfin, le tuyau a été rincé avec le jet d'eau pendant qu'il se rembobinait.

##### ➤ Identification des potentielles situations d'exposition

Lors de la phase de nettoyage, le travailleur semblait bien protégé, car il avait conservé tous ses EPI. Néanmoins, des éclaboussures ont pu survenir lors de l'utilisation du tuyau d'arrosage sur les parties extérieures du tracteur.

#### 5.4.2.4.4 BILAN DE L'OBSERVATION

##### ➤ Déterminants de l'exposition

Les potentiels déterminants de l'exposition identifiés lors de ce traitement ont été résumés dans le **Tableau 73**.

**TABLEAU 73:** RECAPITULATIF DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION LORS DE TRAITEMENT EN HORS-SOL EXTERIEUR

Phase	Déterminants de l'exposition
Préparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation de matériel avec les gants puis contact avec le visage non couvert par le masque</li> <li>• Projection de produit lors du rinçage du récipient intermédiaire</li> </ul>
Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Direction de la lance vers le haut</li> <li>• Hauteur des arbres</li> <li>• Densité du feuillage</li> <li>• Tuyau placé sur l'épaule</li> <li>• Vitesse et direction du vent</li> </ul>
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projection lors de l'utilisation du jet d'eau</li> </ul>
Toute phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de gants et combinaison</li> </ul>

Pour la préparation, les analyses de pesticides sans les dosimètres authentifieront d'éventuelles projections de produit lors du rinçage du récipient intermédiaire, et le cas échéant, les quantifieront. Nous ne pourrons vérifier la contamination du visage en l'absence de patch sur la casquette (non portée à cause de la combinaison intégrale). Nous pourrons objectiver la contamination au travers des gants en nitrile, mais la comparaison avec les gants en latex restera limitée à cette étape car les tâches réalisées étaient très différentes entre les observations.

Concernant les potentiels déterminants de l'exposition lors de l'application, les contaminations mesurées sur les patchs des bras permettront de vérifier si le port du tuyau semble influencer la contamination du côté correspondant. Concernant la hauteur des arbres et la densité du feuillage, les variations d'une parcelle à l'autre ne permettront pas sur ces premières observations de capter des différences de contaminations (supposées plus élevées dans la partie haute du corps lorsque la lance était utilisée vers le haut) car les dosimètres n'ont pas été changés dans l'intervalle. Pour la suite, il pourra être envisagé de demander au préalable la hauteur des plantes traitées au cours de la journée pour organiser les changements de patchs.

Concernant la vitesse et direction du vent, elles modifiaient probablement la contamination du travailleur. Cela pourra être testé si davantage d'observations en traitement en hors-sol sont réalisées.

### ➤ Effet de l'intervention sur le travail observé

Dans le cadre de ces observations réalisées en hors-sol extérieur, le protocole était adapté et n'entraînait pas trop de contraintes pour le travailleur. Contrairement aux observations en serre, peu de retard sur le planning a été pris et le travailleur a traité ce qui était prévu initialement. Les dosimètres ont été changés moins de fois, ce qui limitait également le risque de contamination lors des déshabillages/habillages et retrait des EPI réalisés à chaque changement de patch.

Aussi, pour cette observation uniquement, le préventeur de la MSA qui suit cette entreprise était présent et a assisté à notre étude. Si notre présence seule était susceptible d'engendrer des changements de comportements (peur du jugement, recherche de l'approbation, etc.), la présence du préventeur aurait pu majorer cette situation. Cependant, l'opérateur exerçait son travail avec aisance, notamment lors de la manipulation des EPI. Nous pouvons supposer que notre présence a peu modifié son comportement.

#### 5.4.2.5 OBSERVATIONS DESHERBAGE PLEIN CHAMP

Les observations en plein champ ont été réalisées dans le cadre d'opérations de désherbage au pied des arbres et arbustes, sur trois matinées consécutives, dans une même parcelle. Quatre travailleurs ont été suivis : tous des hommes âgés de 22 à 46 ans et ayant une ancienneté dans l'utilisation de pesticides variable : deux d'entre eux, « novices », avaient moins d'un mois d'expérience (dont un n'avait pas le Certiphyto) tandis que les deux autres « expérimentés » appliquaient des pesticides depuis plus de cinq ans.

Nous suivions un travailleur à la fois pendant que les trois autres traitaient à proximité. Le produit appliqué était le KILKEE, un herbicide à base de glyphosate (540 g/L) sous forme de concentré soluble. L'application était réalisée à l'aide de pulvérisateur à dos d'une capacité de 18 L. Lors des préparations, 100 ml de produit était versé dans 18 L (concentration en glyphosate de 3 g/L). Le pulvérisateur était équipé d'un cône spécial de désherbage au bout afin de limiter la dérive du produit.

Tous les travailleurs portaient un bleu de travail (lavé une fois par semaine) et des gants épais en latex neufs lors de la première journée d'observation et réutilisés durant toute la semaine de traitement. Lors de la préparation, ils portaient également un demi-masque à cartouche. Concernant les vêtements, cela variait d'un individu à l'autre et des conditions climatiques. Tous étaient équipés de bottes en caoutchouc.

Seules les préparations et applications ont été suivies, car aucun nettoyage du matériel n'a été réalisé en notre présence. Les travailleurs ont été suivis entre 90 et 208 minutes. De trois à neuf préparations et applications par travailleurs ont pu être observées.

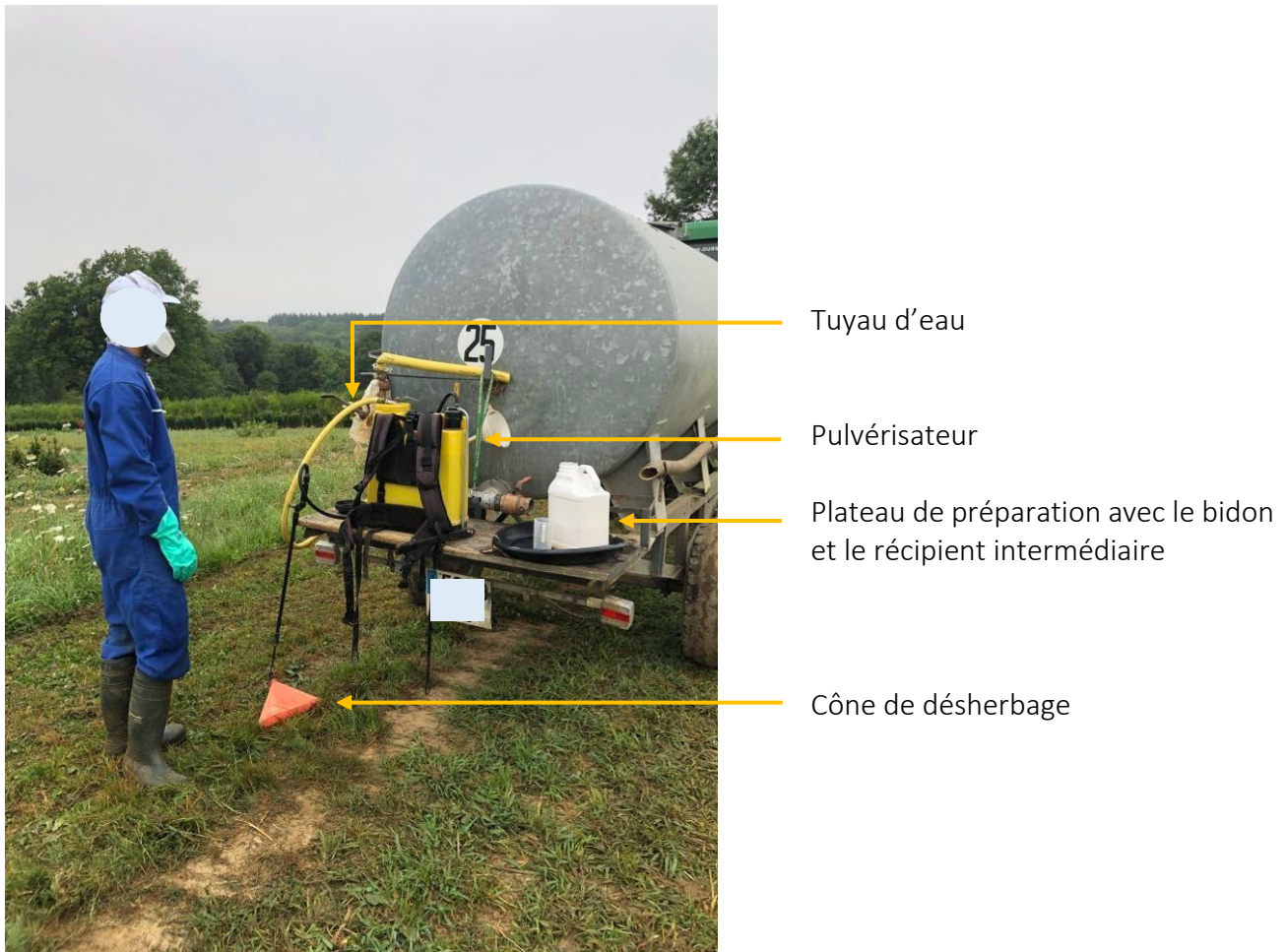
Avant de débiter les mesures, nous avons discuté avec les travailleurs pour anticiper le choix du protocole. Plus de cinq préparations/applications étant prévues et compte tenu des difficultés rencontrées lors des observations sous serre, nous avons fait le choix de ne pas remplacer les patchs entre chaque phase. Nous ne souhaitons pas ralentir le travailleur dans le déroulement de la matinée et ainsi modifier les conditions habituelles de travail. Seuls les gants en coton ont été changés entre chaque phase.

#### 5.4.2.5.1 PREPARATION

##### ➤ Déroulement de la tâche

Le site de traitement étant éloigné du local technique, toutes les préparations ont été réalisées directement en champ, en remplissant le pulvérisateur à dos à l'aide d'une cuve remplie d'eau traînée par un tracteur (**Figure 60**). Entre trois et huit préparations par travailleur durant en moyenne de 4 min (de 2 à 13 min), ont été réalisées.

Dans tous les cas, la première étape consistait à mettre le masque puis à ouvrir la cuve. L'ordre des étapes suivantes variait d'un participant à l'autre, mais le plus souvent il s'agissait d'abord d'ouvrir le bidon - pour la première préparation, car par suite, le bidon restait ouvert toute la journée au niveau de la zone de préparation-, puis de verser la quantité nécessaire dans un récipient intermédiaire (verre en plastique épais de 25 cl), de transvaser dans le pulvérisateur auquel on ajoutait de l'eau via le tuyau relié à la cuve. Une fois le réservoir du pulvérisateur plein, l'eau était coupée puis le pulvérisateur refermé. Trois travailleurs ont alors retiré leurs gants et le masque tandis que chez un des opérateurs, seul le masque était retiré.



**FIGURE 60:** PHASE DE PREPARATION LORS DE DESHERBAGE EN PLEIN CHAMP – ETUDE PESTEXPO

➤ **Identification des déterminants de l'exposition**

Lors des préparations, plusieurs situations potentiellement exposantes ont été identifiées. Comme ce qui a été observé lors des traitements sous serre, les travailleurs manipulaient le matériel avant d'avoir mis leurs gants de protection. Les pulvérisateurs n'étant pas nettoyés systématiquement à la fin des applications, il est très probable qu'ils aient été contaminés lors des applications précédentes. De plus, de façon quasi systématique, les pulvérisateurs n'étaient pas vidés complètement et gardaient donc une certaine quantité de mélange de la veille. Au moment du déplacement de ce matériel, le risque d'exposition (des mains notamment) ne semblait donc pas négligeable.

Comme nous l'avons vu, trois des quatre employés enlevaient leurs gants puis leur masque une fois la préparation terminée. Au début de la préparation, tous plaçaient leur masque sur le visage alors qu'ils portaient leur gant. Si les gants étaient déjà contaminés, nous pouvons imaginer un transfert de résidus des gants vers le masque. À la fin de la préparation,

le masque étant enlevé sans gants, un transfert des pesticides du masque vers les mains était possible.

Le premier travailleur suivi lors des trois jours d'observation, a, lors de sa première préparation, ouvert le bidon neuf et enlevé l'opercule en aluminium, ce qui a été décrit comme contaminant dans certains articles publiés (Berenstein et al., 2014; de Vreede et al., 1998; Hoekstra et al., 1996).

Au cours d'une préparation, l'un des opérateurs a rencontré des difficultés pour refermer son pulvérisateur et a donc remis en place le joint au niveau du bouchon, après avoir enlevé ses gants de protection. On peut penser que cette opération a été contaminante. Un autre travailleur, le bidon de produit étant vide, l'a rempli d'eau pour le rincer et a vidé le contenu dans le pulvérisateur. Lors de cette opération, des projections sur le travailleur et sur le pulvérisateur ont été observées.

#### 5.4.2.5.2 APPLICATION

##### ➤ Déroulement de la tâche

Les applications ont duré en moyenne 18 min (de 10 à 26 min). Le travailleur se plaçait entre deux rangs et pulvérisait le produit sur un rang tout en avançant (**Figure 61**). Une fois arrivé au bout du rang, il faisait demi-tour et traitait une deuxième fois le même rang. La lance était dirigée vers le bas, très près des herbes (le cône de désherbage reposait presque sur le sol). Les quatre employés traitaient en même temps. En moyenne, un travailleur traitait trois rangs avec le même pulvérisateur.

Concernant les EPI, au moment de l'application, trois des quatre travailleurs ne portaient qu'un gant, au niveau de la main tenant la lance. La main actionnant le levier n'était donc pas protégée. Le gant non porté était alors placé dans une poche du bleu de travail. Lorsque nous leur avons demandé pourquoi ce choix de ne porter qu'un gant, les travailleurs nous ont dit qu'ils considéraient que seule la main tenant la lance était exposée.

Enfin, la plupart des applicateurs avaient le bleu de travail ouvert sur le devant et les manches retroussées.



**FIGURE 61:** APPLICATION LORS DE DESHERBAGE EN PLEIN CHAMP – ETUDE PESTEXPO

➤ **Identification des potentiels déterminants de l'exposition**

De nombreuses situations potentielles d'exposition ont été identifiées lors de cette campagne de désherbage, à savoir :

- 1) Absence de gant sur la main qui actionne le levier. Il est possible que le levier ait été contaminé lors des préparations et/ou applications précédentes.
- 2) Retrait fréquent des gants entre les différentes tâches - préparations et applications
- 3) Ouverture de la combinaison sur le devant et/ou manches relevées
- 4) Direction et vitesse du vent : une dérive du produit a été observée par moments, susceptible notamment d'accroître la contamination des jambes

**5.4.2.5.3 BILAN DES OBSERVATIONS**

➤ **Déterminants de l'exposition**

Les observations réalisées lors de cette campagne de désherbage nous ont permis d'identifier plusieurs potentielles situations et déterminants de l'exposition. Le tableau ci-dessous résume ces hypothèses (**Tableau 74**).

**TABLEAU 74:** RECAPITULATIF DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION LORS DE DESHERBAGE EN PLEIN CHAMP — ETUDE PESTEXPO

Phases	Déterminants de l'exposition
Préparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation sans gants du matériel avant le début du traitement</li> <li>• Exposition des mains lors du retrait du masque</li> <li>• Ouverture des bidons et de l'opercule en aluminium</li> <li>• Rinçage du bidon vide en champ.</li> <li>• Problème technique avec le pulvérisateur</li> </ul>
Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gant non porté du côté du levier</li> <li>• Combinaison ouverte sur le devant</li> <li>• Manches relevées</li> <li>• Présence d'un autre applicateur à proximité</li> <li>• Vent (vitesse et direction)</li> </ul>
Toute phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancienneté (novice vs expérimenté)</li> <li>• Certiphyto</li> <li>• Nombre de tâches et durée</li> <li>• Nombre de pauses entre les préparations et applications (et gestion des EPI, lavage de mains)</li> <li>• Conditions météorologiques</li> <li>• Rang de l'observation (différence entre le premier jour d'observation et le dernier).</li> <li>• Pauses (nombre et gestion des EPI)</li> </ul>

Comme pour les observations réalisées en hors-sol sous serre ou en extérieur, certaines de ces hypothèses pourront être testées. L'avantage ici est que nous disposons dès à présent d'un échantillon plus important, permettant des comparaisons. De plus, les gants ayant été changés entre chaque phase, il nous sera possible de mettre en relation des événements survenus lors de chaque tâche avec des niveaux de contamination plus importants. Bien sûr, cet échantillon de quatre individus reste tout de même restreint pour réaliser des analyses statistiques, mais devrait nous permettre d'affiner nos hypothèses.

Parmi les potentiels déterminants de l'exposition, nous nous intéresserons notamment à l'effet de l'ancienneté (novices *versus* expérimentés). L'un des novices n'ayant pas le Certiphyto, et ayant donc été formé par ses pairs, il sera également intéressant de tester cette variable sur les niveaux d'exposition.

Au cours de ces observations, trois travailleurs ont réalisé des pauses entre des préparations et des applications pour fumer. Tous enlevaient bien évidemment les gants de protection lors de cette pause, mais seul un effectuait des lavages de mains systématiquement. Enfin, les observations ayant été réalisées sur plusieurs jours, il est possible que le rang de l'observation soit un déterminant de l'exposition pour plusieurs raisons. Premièrement, les



travailleurs s'étaient habitués à notre présence et il est possible que les comportements aient évolué au cours des journées d'observation (notamment vis-à-vis du port des EPI). Aussi, les individus observés à J2 et J3 avaient traité le ou les jours précédents et étaient donc susceptibles d'avoir des contaminations plus importantes à cause du matériel et des EPI déjà utilisés et non lavés.

#### ➤ Effet de l'intervention sur le travail observé

La présence d'observateurs peut entraîner des modifications de comportements, notamment au niveau du port effectif des EPI. Le préventeur de la MSA nous a rapporté avoir observé lors du désherbage par forte chaleur que les travailleurs ne portaient pas toujours les combinaisons comme prescrit : ils enlevaient le haut de la combinaison et le nouaient autour de la taille. Lors de nos mesures, nous n'avons pas observé ce comportement, ce qui a pu sous-estimer les niveaux d'exposition par rapport à certaines pratiques.

Nous avons adapté le protocole pour limiter la fréquence de retrait des EPI. Néanmoins, nous avons opté pour un changement des gants entre chaque phase afin d'avoir des données comparables. En situation habituelle de travail, à l'exception de la main tenant le levier du pulvérisateur, les opérateurs conservent leurs gants de travail entre les phases et ne les enlèvent que lors des pauses. Ils ont donc touché leurs gants plus souvent qu'à l'accoutumée ce qui peut générer des expositions plus importantes au niveau des mains.

#### 5.4.2.6 BILAN DES OBSERVATIONS REALISEES EN PEPINIERE

Au total, six travailleurs ont été suivis lors de traitements réalisés dans trois situations de travail différentes dans les pépinières : serre, hors-sol extérieur et désherbage en pleine terre. Un total de 24 phases de préparation, 25 phases d'application et deux nettoyages ont ainsi été documentés. Le tableau ci-dessous reprend les différentes caractéristiques des traitements pour chaque individu suivi (**Tableau 75**).

**TABLEAU 75: CARACTERISTIQUES DES TRAVAILLEURS ET DES TRAITEMENTS OBSERVES DANS LA PEPINIÈRE – ETUDE PESTEXPO**

	Serre		Hors sol		Plein champ		
	Applicateur 1	Applicateur 1	Applicateur 1	Applicateur 2	Applicateur 3	Applicateur 4	
<b>Description de l'opérateur</b>	Homme – 46 ans	Homme – 34 ans	Homme – 43 ans	Homme – 41 ans	Homme – 46 ans	Homme – 22 ans	
<b>Ancienneté pépinière</b>	3 ans	10 ans	16 ans	5 ans	1 an	1 mois	
<b>Ancienneté utilisation de pesticides</b>	3 ans	10 ans	10 ans	5 ans	1 mois	2 semaines	
<b>Certiphyto</b>	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	
<b>Spécialité commerciale (matière active et formulation)</b>	<b>ALIBI FLORA</b> : azoxystrobine (200 g/L) + difénoconazole (125 g/L) – Suspension concentrée <b>FLORAMITE</b> : Bifénazate (240 g/L) – Suspension concentrée		<b>SIGNUM</b> : Pyraclostrobine (67 g/kg) + Boscalid (267 g/kg) – Granulés dispersables		<b>KILKEE</b> : Glyphosate (540 g/L) – Concentré soluble		
<b>Concentration dans la cuve</b>	<b>ALIBI FLORA</b> : 0,36 g/L d'azoxystrobine + 0,22 g/L de difénoconazole <b>FLORAMITE</b> : 0,17 g/L de bifénazate		Pyraclostrobine : 0,1 g/l Boscalid : 0,4 g/l		Glyphosate : 3 g/L		
<b>Matériel et volume de la cuve</b>	Atomiseur thermique à dos – 14 L		Pulvérisateur traîné – 500 L		Pulvérisateur à dos – 18 L		
<b>Nombre de phases au total et durée totale</b>	6 (96 min)		3 (89 min)		10 (164 min)    16 (208 min)    9 (92 min)    6 (90 min)		
<b>Nombre et durée moyenne</b>	<b>Préparation</b> <b>Application</b> <b>Nettoyage</b>	3 (3 min) 3 (5 min) 1 (6 min)	1 (6 min) 1 (45 min) 1 (4 min)	5 (7,6 min) 5 (19,6 min) 0	8 (3,6 min) 8 (16,3 min) 0	4 (3,5 min) 5 (14,8 min) 0	3 (2,7 min) 3 (22,7 min) 0
<b>Équipement de protection individuelle</b>	Combinaison Tyvek Gants épais en latex Masque intégral à cartouche		Combinaison Tyvek Gants en nitrile Casque intégral ventilé		Bleu de travail Gants épais en latex Demi-masque à cartouche (uniquement à la préparation)		
<b>Vêtements</b>	Marcel, short et bottes		Tee-shirt, pantalon et bottes		Casquette, tee-shirt, pantalon et bottes Casquette, tee-shirt, pantalon, bottes		

Les analyses des dosimètres sont planifiées entre fin 2022 et début 2023 et permettront de tester les différentes hypothèses évoquées dans cette partie. Le **Tableau 76** résume les potentiels déterminants de l'exposition identifiés.

**TABLEAU 76:** RECAPITULATIFS DES POTENTIELS DETERMINANTS DE L'EXPOSITION EN PEPINIERE – ETUDE PESTEXPO

Phases	Déterminants
Préparation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulation du matériel sans protection</li> <li>• Rinçage du récipient intermédiaire (dans seau et/ou au jet d'eau)</li> <li>• Rinçage du bidon vide</li> <li>• Ouverture du bidon et/ou de l'opercule en aluminium</li> <li>• Manipulation du matériel et/ou produit puis mise en place du masque (contact avec le visage)</li> <li>• Manipulation du masque avec les mains non protégées</li> <li>• Problème technique avec le pulvérisateur</li> </ul>
Application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Densité du feuillage (contact)</li> <li>• Hauteur des plants (direction de la lance)</li> <li>• Proximité avec les rangs traités</li> <li>• Présence d'un autre applicateur à proximité ou dans un espace clos (serre)</li> <li>• Tuyau posé sur l'épaule</li> <li>• Mauvaise observance des EPI (non-port de gant, combinaison ouverte, manches relevées)</li> <li>• Conditions météorologiques (température, vitesse et direction du vent, taux d'humidité)</li> </ul>
Nettoyage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclaboussures lors du lavage au jet d'eau</li> </ul>
Toute phase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type d'équipement de protection</li> <li>• Ancienneté</li> <li>• Nombre de tâches au total et durée</li> <li>• Nombre de pauses et gestion des EPI/lavage de mains</li> <li>• Rang de l'observation</li> <li>• Effet de l'intervention (retrait des EPI, changements des comportements, etc.)</li> </ul>

Les études d'expologie en conditions réelles de travail dans le secteur des espaces verts sont rares.

Cette campagne de mesures apporte de nouvelles données pour le secteur des espaces verts où les études en conditions réelles de travail sont encore rares. Elle a permis de mettre en évidence une réalité de terrain différente de ce qui avait été observé en agriculture lors des précédentes études Pestexpo. Le protocole a donc dû être adapté selon les environnements de travail et la nature des traitements réalisés. Lorsque les tâches sont courtes et répétées, nous avons ainsi opté pour un changement de dosimètres moins fréquent pour ne pas impacter

le travailleur et rester au plus près des conditions réelles de travail. Néanmoins, si ces traitements sont étalés sur une journée, un changement complet des dosimètres entre le matin et l'après-midi sera réalisé.

#### **5.4.2.7 PROCHAINES CAMPAGNES DE MESURES**

Le projet EVISA, qui a obtenu un financement de l'Agence Nationale de la Recherche (N° CE03-2021) prévoit une centaine d'observations dans les différents secteurs des espaces verts (20 observations par secteur). Concernant les pépinières, 14 observations sont donc encore à réaliser afin d'avoir un échantillon suffisant pour comparer les niveaux de contamination et identifier les déterminants de l'exposition. De nouvelles mesures lors de traitements sous serre et en hors-sol extérieur seront donc réalisées ainsi que lors de traitements en plein champ (en plus de celles réalisées en désherbage). De plus, nous nous intéresserons également aux expositions indirectes lors de travaux de réentrée, notamment sous serre. Une partie de ces observations pourront être réalisées dans la même pépinière. Cependant, afin de respecter le plan d'échantillonnage et être représentatifs des différentes conditions de travail, il sera nécessaire de recruter des exploitations supplémentaires, dont certaines hors Nouvelle-Aquitaine. Le matériel pour mesurer l'exposition respiratoire sera également disponible, ce qui devrait nous permettre de documenter cette voie d'exposition également.

## CONCLUSION GENERALE

Les données de santé concernant les travailleurs des espaces verts sont rares, et l'on dispose notamment de peu d'études sur le potentiel impact de leurs expositions aux pesticides. Les études existantes font pourtant état d'augmentations du risque de cancers lymphatiques et hématopoïétiques, du système nerveux central, du testicule, de maladie de Parkinson, des atteintes à la fertilité et de la fécondabilité ainsi que d'évènements indésirables durant la grossesse ou à la naissance (fausses-couches, naissances prématurées, malformations et problèmes de développement neurocomportemental). Cependant, la plupart de ces études n'étaient pas spécifiques aux travailleurs en espaces verts, les effectifs étaient souvent réduits, et la caractérisation de l'exposition aux pesticides était généralement sommaire, reposant le plus souvent sur le simple intitulé de l'emploi. Les tâches réalisées, le matériel de traitement et les EPI utilisés ou encore les matières actives appliquées n'étaient généralement pas pris en compte. C'est pourquoi il nous a paru important de poursuivre des travaux de recherche concernant la santé des travailleurs en espaces verts, un secteur en nette progression et en pleine évolution. Pour cela, une meilleure compréhension des tâches réalisées par ces travailleurs et une caractérisation des expositions passées nous ont semblé un préalable indispensable.

Une partie importante de notre travail de thèse s'est appuyée sur la cohorte agricole Agrican, qui inclut différents types de travailleurs affiliés à la MSA, dont des travailleurs des espaces verts. Cette cohorte offrait en effet de nombreux avantages : un suivi prospectif et exhaustif de la survenue de cancers grâce au croisement avec les registres des cancers, des effectifs importants et des informations détaillées sur les professions grâce aux calendriers professionnels et aux questionnaires. Nous avons mené une première étape d'identification des travailleurs des espaces verts au sein de la cohorte par recoupement d'informations recueillies à l'inclusion et au suivi, qui a conduit à créer une sous-cohorte de 6247 personnes travaillant ou ayant travaillé dans le secteur des espaces verts. Nous avons défini dans cette population trois sous-groupes : les horticulteurs spécialisés dans la production florale, les pépiniéristes d'ornement et les travailleurs en espaces verts tels que les jardiniers, employés communaux, agents d'entretien des terrains de sport, etc. Cette distinction ainsi que l'effectif relativement important constituent une des forces de notre travail. La grande majorité des études réalisées auparavant étaient en effet basée sur des échantillons limités et ne précisait que très rarement les différents emplois occupés. Une première analyse épidémiologique de cet échantillon a donc été réalisée et a permis de mettre en évidence que les travailleurs en espaces verts différaient des agriculteurs en termes de caractéristiques sociodémographiques, habitudes de vie et antécédents médicaux. Cela démontre l'importance de les étudier

séparément des agriculteurs contrairement à ce qui a été fait dans la plupart des études. Nous avons mis en évidence des excès de risque significatifs de cancer de la prostate, du testicule, de la thyroïde et du mélanome cutané chez les hommes et du cancer du sein chez les femmes par rapport aux travailleurs agricoles. Bien qu'à ce stade de la cohorte, les effectifs soient limités, cette étude est la première à montrer que les travailleurs en espaces verts sont plus à risque pour ces cancers que les agriculteurs. Les analyses ont également mis en évidence des augmentations de risques non significatives pour les cancers du système nerveux central, de la thyroïde et des sarcomes par rapport aux travailleurs non agricoles. Ces analyses permettaient de faire un état des lieux de la santé de ces travailleurs et d'identifier les pathologies cancéreuses qu'il sera pertinent d'analyser en lien avec l'utilisation des pesticides.

Nous avons alors décidé d'établir un outil permettant une reconstitution historique des expositions aux pesticides dans le secteur des espaces verts, et nous avons tiré avantage de l'existence de la matrice cultures-expositions Pestimat, initialement élaborée pour les pesticides utilisés en agriculture. Cet outil permet de retracer les utilisations des pesticides depuis les années 1950 en s'affranchissant de la mémoire des individus. L'incrémentation de cette matrice pour le secteur des espaces verts a été au cours de cette thèse réalisée pour 50 matières actives. Cependant, les données se sont avérées limitées par rapport à l'agriculture et les sources d'information sont à ce stade moins nombreuses et seule la probabilité d'exposition en oui/non a été estimée. Néanmoins, cela constitue une première étape de travail capitale qui permet d'ores et déjà de réaliser des analyses croisées avec des données épidémiologiques issues d'AgriCan.

Ainsi, une première analyse croisée avec les données de Pestimat a été entreprise sur les cancers en général et ceux offrant le plus de cas afin de s'assurer d'une puissance statistique suffisante, à savoir le cancer de la prostate chez les hommes et le cancer du sein chez les femmes. Nous avons fait le choix de croiser l'incidence de ces cancers avec les utilisations des pyréthriinoïdes, une famille d'insecticides relativement peu étudiée en épidémiologie des cancers bien que des effets sur le système endocrinien aient été démontrés et qu'ils soient très largement utilisés, notamment en culture ornementale. Les professionnels des espaces verts peuvent donc être exposés directement lors de l'application ou indirectement lors des tâches au contact des végétaux, fréquentes dans ce secteur. Les analyses croisées exploratoires que nous avons menées ont mis en évidence une élévation du risque de cancer de la prostate chez les hommes et des cancers en général et du cancer du sein chez les femmes travaillant dans les espaces verts et directement exposés aux pyréthriinoïdes. Cette étude est la première à mettre en évidence de telles associations chez les travailleurs spécialisés dans la culture ornementale et elle est la seule à avoir étudié les expositions indirectes. Il s'agit de la première analyse utilisant les données de la matrice sur les espaces verts. Les mises à jour sur de nouvelles

matières actives offriront la possibilité d'étudier d'autres localisations de cancers identifiées lors des premières analyses sur la cohorte Agrican.

Afin d'augmenter la robustesse des futures études épidémiologiques, les paramètres d'exposition doivent être affinés, en particulier pour intégrer une notion d'intensité. Cela passe par le recueil, sur le terrain, des niveaux d'exposition aux pesticides lors des traitements ou d'activités au contact des végétaux. La revue de la littérature des études d'exposition a mis en évidence, une fois encore, que le secteur des espaces verts était largement sous-représenté. La connaissance des contaminations cutanées et respiratoires par les pesticides et des déterminants de l'exposition reste à ce jour encore très limitée. Les études de terrain réalisées en conditions réelles de travail constituent un élément capital pour comprendre les situations d'exposition. Pour mener à bien ces études, nous avons commencé par une série d'entretiens auprès de professionnels de ce secteur. Ces entretiens semi-directifs nous ont permis d'avoir une vision d'ensemble de la profession et des différentes pratiques propres à chaque secteur, ce qui s'est révélé important pour élaborer le protocole des études de terrain. Cela a été également l'occasion de se rendre compte d'une forte réticence à partager les informations concernant les utilisations de pesticides par ces professionnels. La quasi-totalité des individus interrogés a sous-estimé ou sous-déclaré ces utilisations, ce qui souligne la difficulté de s'appuyer sur le seul déclaratif des expositions, pour des raisons de mémorisation ou de prévarication et nous conforte dans le choix d'utiliser des matrices emploi-exposition. Ces entretiens ont été également l'occasion d'appréhender les contraintes auxquelles font face ces travailleurs et notamment l'émergence de nouveaux nuisibles et la pression du public ou des élus pour répondre aux standards d'esthétique, dans un contexte où l'usage des produits est de plus en plus restreint. À la suite de ces entretiens, une première série d'observations a été réalisée dans une pépinière. Nous avons pu suivre trois types de traitement différents et identifier ainsi de potentiels déterminants de l'exposition propres à chaque situation de travail. Différents matériels, environnement de travail, EPI ont ainsi pu être documentés. Les données de contamination qui seront obtenues par l'analyse des dosimètres orienteront les prochaines campagnes de mesures prévues. Elles permettront de confirmer ou non nos hypothèses, de comparer les valeurs avec celles de la littérature, et d'élaborer des questionnaires plus ciblés. Les données générées sur l'intensité des expositions par ces études de terrain viendront compléter les paramètres d'exposition estimés dans la matrice Pestimat. Des algorithmes d'exposition intégrant des déterminants individuels de l'exposition pourront ainsi être élaborés, pour les pesticides en général et pour des matières actives spécifiques. Une autre retombée de ces campagnes de mesure sera de proposer des actions de prévention adaptées à chaque situation de travail, s'appuyant sur les déterminants de l'exposition identifiés par nos mesures.

Ce travail de recherche sur la santé des travailleurs en espaces verts et leur exposition aux pesticides sera prolongé. Dans Agrican, l'envoi du deuxième questionnaire de suivi spécifique à ce secteur fournira de nouvelles données plus précises et la mise à jour bisannuelle des données de cancer par les registres permettra d'augmenter les effectifs pour continuer l'investigation épidémiologique. D'autres pathologies pourront également être explorées, notamment les maladies neurodégénératives pour lesquelles la littérature a identifié des risques et les antécédents de maladies allergiques et de dépression observés dans notre sous-cohorte. En parallèle, l'incrémentation de la matrice Pestimat sur les données en espaces verts offrira la possibilité d'explorer de nouvelles hypothèses pour expliquer les effets de santé observés. Les études de terrain seront déployées dans les différents secteurs en prenant en compte la mise en place de la loi Labbé et l'essor des produits de biocontrôle. Les effets sanitaires de ces nouveaux produits ne sont pas encore connus et ces observations en conditions réelles de travail constituent une opportunité unique de documenter dès aujourd'hui les expositions. La mise en place de campagnes centrées sur d'autres formes d'expositions aux pesticides est également en réflexion, notamment autour des semences enrobées qui sont très largement utilisées pour les gazons par exemple, ainsi que sur d'autres expositions professionnelles telles que les poussières de bois ou encore la silice.



## BIBLIOGRAPHIE

- Abbott, I.M., Bonsall, J.L., Chester, G., Hart, T.B., Turnbull, G.J., 1987. Worker Exposure to a Herbicide Applied With Ground Sprayers in the United Kingdom. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 48:2, 167–175. <https://doi.org/10.1080/15298668791384571>
- Abell, A., Ernst, E., Bonde, J.P., 2000a. Semen quality and sexual hormones in greenhouse workers. *Scand. J. Work. Environ. Health* 26, 492–500. <https://doi.org/10.5271/sjweh.573>
- Abell, A., Juul, S., Bonde, J., 2000b. Time to pregnancy among female greenhouse workers. *Scand. J. Work. Environ. Health* 26, 131–136. <https://doi.org/10.5271/sjweh.522>
- Adamis, Z., Antal, A., Füzesi, I., Molnár, J., Nagy, L., Susán, M., 1985. Occupational exposure to organophosphorus insecticides and synthetic pyrethroid. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 56, 299–305. <https://doi.org/10.1007/BF00405271>
- Agricultural Chemical Usage - Nursery and Floriculture, 2011. . National Agricultural Statistics Service.
- Ahmadi, F., Ghanbari, K., 2014. Proposed model for binding of permethrin and deltamethrin insecticides with ct-DNA, a structural comparative study. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 106, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.02.018>
- Alavanja, M.C.R., 2004. Pesticides and Lung Cancer Risk in the Agricultural Health Study Cohort. *Am. J. Epidemiol.* 160, 876–885. <https://doi.org/10.1093/aje/kwh290>
- Alavanja, M.C.R., 2003. Use of Agricultural Pesticides and Prostate Cancer Risk in the Agricultural Health Study Cohort. *Am. J. Epidemiol.* 157, 800–814. <https://doi.org/10.1093/aje/kwg040>
- Alavanja, M.C.R., Hofmann, J.N., Lynch, C.F., Hines, C.J., Barry, K.H., Barker, J., Buckman, D.W., Thomas, K., Sandler, D.P., Hoppin, J.A., Koutros, S., Andreotti, G., Lubin, J.H., Blair, A., Beane Freeman, L.E., 2014. Non-Hodgkin Lymphoma Risk and Insecticide, Fungicide and Fumigant Use in the Agricultural Health Study. *PLoS ONE* 9, e109332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109332>
- Andersen, A., Barlow, L., Engeland, A., Kjaerheim, K., Lynge, E., Pukkala, E., 1999. Work-related cancer in the Nordic countries. *Scand. J. Work. Environ. Health* 25 Suppl 2, 1–116.
- Andersen, H.R., Schmidt, I.M., Grandjean, P., Jensen, T.K., Budtz-Jørgensen, E., Kjærstad, M.B., Bælum, J., Nielsen, J.B., Skakkebak, N.E., Main, K.M., 2008. Impaired Reproductive Development in Sons of Women Occupationally Exposed to Pesticides during Pregnancy.

Environ. Health Perspect. 116, 566–572. <https://doi.org/10.1289/ehp.10790>

Anses, 2022. Décisions.

Anses, 2011. Développement d'une méthode intégrée pour l'estimation aux produits phytopharmaceutiques dans une population de professionnels non agricoles (No. Rapport final). Anses, Maisons-Alfort.

Aprèa, C., Centi, L., Lunghini, L., Banchi, B., Forti, M.A., Sciarra, G., 2002. Evaluation of respiratory and cutaneous doses of chlorothalonil during re-entry in greenhouses. *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life. Sci.* 778, 131–145. [https://doi.org/10.1016/s0378-4347\(01\)00541-2](https://doi.org/10.1016/s0378-4347(01)00541-2)

Aprèa, C., Centi, L., Santini, S., Lunghini, L., Banchi, B., Sciarra, G., 2005. Exposure to omethoate during stapling of ornamental plants in intensive cultivation tunnels: influence of environmental conditions on absorption of the pesticide. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 49, 577–588. <https://doi.org/10.1007/s00244-005-8025-2>

Aprèa, C., Lunghini, L., Banchi, B., Peruzzi, A., Centi, L., Coppi, L., Bogi, M., Marianelli, E., Fantacci, M., Catalano, P., Benvenuti, A., Miligi, L., Sciarra, G., 2009. Evaluation of inhaled and cutaneous doses of imidacloprid during stapling ornamental plants in tunnels or greenhouses. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 19, 555–569. <https://doi.org/10.1038/jes.2008.50>

Aprèa, C., Sciarra, G., Lunghini, L., Centi, L., Ceccarelli, F., 2001. Evaluation of respiratory and cutaneous doses and urinary excretion of alkylphosphates by workers in greenhouses treated with omethoate, fenitrothion, and tolclofos-methyl. *AIHAJ J. Sci. Occup. Environ. Health Saf.* 62, 87–95. <https://doi.org/10.1080/15298660108984614>

Aprèa, C., Sciarra, G., Sartorelli, P., Ceccarelli, F., Centi, L., 1999. Multiroute exposure assessment and excretion of urinary metabolites of fenitrothion during manual operations on treated ornamental plants in greenhouses. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 36, 490–497. <https://doi.org/10.1007/pl00006622>

Aprèa, M.C., Bosi, A., Manara, M., Mazzocchi, B., Pompini, A., Sormani, F., Lunghini, L., Sciarra, G., 2016. Assessment of exposure to pesticides during mixing/loading and spraying of tomatoes in the open field. *J. Occup. Environ. Hyg.* 13, 476–489. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1143948>

Aprèa, M.C., Centi, L., Meniconi, M., Lunghini, L., Banchi, B., Sartorelli, P., 2021. Determinants of Skin and Respiratory Exposure to Lufenuron During Spraying and Re-entry in Italian Ornamental Plants Greenhouses. *Ann. Work Expo. Health* 65, 554–565. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa108>

- Arbuckle, T.E., Lin, Z., Mery, L.S., 2001. An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Environ. Health Perspect.* 109, 851–857. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109851>
- Arbuckle, T.E., Savitz, D.A., Mery, L.S., Curtis, K.M., 1999. Exposure to phenoxy herbicides and the risk of spontaneous abortion. *Epidemiol. Camb. Mass* 10, 752–760.
- Archibald, B.A., Solomon, K.R., Stephenson, G.R., 1995. Estimation of pesticide exposure to greenhouse applicators using video imaging and other assessment techniques. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56, 226–235. <https://doi.org/10.1080/15428119591017051>
- Archibald, B.A., Solomon, K.R., Stephenson, G.R., 1994. Estimating pirimicarb exposure to greenhouse workers using video imaging. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27, 126–129. <https://doi.org/10.1007/BF00203898>
- Aschebrook-Kilfoy, B., Ward, M.H., Della Valle, C.T., Friesen, M.C., 2014. Occupation and thyroid cancer. *Occup. Environ. Med.* 71, 366–380. <https://doi.org/10.1136/oemed-2013-101929>
- Asp, S., Riihimäki, V., Hernberg, S., Pukkala, E., 1994a. Mortality and cancer morbidity of finnish chlorophenoxy herbicide applicators: An 18-year prospective follow-up. *Am. J. Ind. Med.* 26, 243–253. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700260210>
- Asp, S., Riihimäki, V., Hernberg, S., Pukkala, E., 1994b. Mortality and cancer morbidity of finnish chlorophenoxy herbicide applicators: An 18-year prospective follow-up. *Am. J. Ind. Med.* 26, 243–253. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700260210>
- Atwood, D., Paisley-Jones, C., 2017. Pesticides industry sales and usage: 2008-2012 market estimates (No. 20460). US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Axelsson, O., Sundell, L., 1974. Herbicide exposure, mortality and tumor incidence. An epidemiological investigation on Swedish railroad workers. *Work. Environ. Health* 11, 21–28.
- Axelsson, O., Sundell, L., Andersson, K., Edling, C., Hogstedt, C., Kling, H., 1980. Herbicide exposure and tumor mortality. An updated epidemiologic investigation on Swedish railroad workers. *Scand. J. Work. Environ. Health* 6, 73–79. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2631>
- Balarajan, R., Acheson, E.D., 1984. Soft tissue sarcomas in agriculture and forestry workers. *J. Epidemiol. Community Health* 38, 113–116. <https://doi.org/10.1136/jech.38.2.113>
- Baldi, I., Carles, C., Blanc-Lapierre, A., Fabbro-Peray, P., Druet-Cabanac, M., Boutet-Robinet, E., Soulat, J.-M., Bouvier, G., Lebailly, P., PESTIMAT Group, 2017. A French crop-exposure matrix for use in epidemiological studies on pesticides: PESTIMAT. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 27, 56–63. <https://doi.org/10.1038/jes.2015.72>

- Baldi, I., De Graaf, L., Bouvier, G., Gruber, A., Loiseau, H., Meryet-Figuere, M., Rousseau, S., Fabbro-Peray, P., Lebailly, P., 2021. Occupational exposure to pesticides and central nervous system tumors: results from the CERENAT case-control study. *Cancer Causes Control*. <https://doi.org/10.1007/s10552-021-01429-x>
- Baldi, I., Filleul, L., Mohammed-Brahim, B., Fabrigoule, C., Dartigues, J.F., Schwall, S., Drevet, J.P., Salamon, R., Brochard, P., 2001. Neuropsychologic effects of long-term exposure to pesticides: results from the French Phytoneer study. *Environ. Health Perspect.* 109, 839–844. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109839>
- Baldi, I., Gruber, A., Rondeau, V., Lebailly, P., Brochard, P., Fabrigoule, C., 2011. Neurobehavioral effects of long-term exposure to pesticides: results from the 4-year follow-up of the PHYTONER study. *Occup. Environ. Med.* 68, 108–115. <https://doi.org/10.1136/oem.2009.047811>
- Baldi, I., Lebailly, P., Bouvier, G., Rondeau, V., Kientz-Bouchart, V., Canal-Raffin, M., Garrigou, A., 2014a. Levels and determinants of pesticide exposure in re-entry workers in vineyards: Results of the PESTEXPO study. *Environ. Res.* 132, 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.035>
- Baldi, I., Lebailly, P., Jean, S., Rougetet, L., Dulaurent, S., Marquet, P., 2006. Pesticide contamination of workers in vineyards in France. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 16, 115–124. <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500443>
- Baldi, I., Lebailly, P., Rondeau, V., Bouchart, V., Blanc-Lapierre, A., Bouvier, G., Canal-Raffin, M., Garrigou, A., 2012. Levels and determinants of pesticide exposure in operators involved in treatment of vineyards: results of the PESTEXPO Study. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 22, 593–600. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.82>
- Baldi, I., Robert, C., Piantoni, F., Tual, S., Bouvier, G., Lebailly, P., Raherison, C., 2014b. Agricultural exposure and asthma risk in the AGRICAN French cohort. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 217, 435–442. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2013.08.006>
- Baris, D., Silverman, D.T., Brown, L.M., Swanson, G.M., Hayes, R.B., Schwartz, A.G., Liff, J.M., Schoenberg, J.B., Pottner, L.M., Greenberg, R.S., Stewart, P.A., 2004. Occupation, pesticide exposure and risk of multiple myeloma. *Scand. J. Work. Environ. Health* 30, 215–222. <https://doi.org/10.5271/sjweh.782>
- Baris, R.D., Cohen, S.Z., Barnes, N.L., Lam, J., Ma, Q., 2010. A quantitative analysis of over twenty years of golf course monitoring studies. *Environ. Toxicol. Chem.* n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/etc.185>
- Benbrook, C.M., 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environ. Sci. Eur.* 28, 3. <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0>

- Berenstein, G.A., Hughes, E.A., March, H., Rojic, G., Zalts, A., Montserrat, J.M., 2014. Pesticide potential dermal exposure during the manipulation of concentrated mixtures at small horticultural and floricultural production units in Argentina: The formulation effect. *Sci. Total Environ.* 472, 509–516. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.071>
- Besson, H., Brennan, P., Becker, N., Nieters, A., De Sanjosé, S., Font, R., Maynadié, M., Foretova, L., Cocco, P.L., Staines, A., Vornanen, M., Boffetta, P., 2006. Tobacco smoking, alcohol drinking and non-Hodgkin's lymphoma: A European multicenter case-control study (Epilymph). *Int. J. Cancer* 119, 901–908. <https://doi.org/10.1002/ijc.21913>
- Bian, Q., 2004. Study on the relation between occupational fenvalerate exposure and spermatozoa DNA damage of pesticide factory workers. *Occup. Environ. Med.* 61, 999–1005. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.014597>
- Blair, A., Grauman, D.J., Lubin, J.H., Fraumeni, Jr., J.F., 1983. Lung Cancer and Other Causes of Death Among Licensed Pesticide Applicators. *JNCI J. Natl. Cancer Inst.* <https://doi.org/10.1093/jnci/71.1.31>
- Blanc-Lapierre, A., Bouvier, G., Gruber, A., Leffondré, K., Lebailly, P., Fabrigoule, C., Baldi, I., 2013. Cognitive disorders and occupational exposure to organophosphates: results from the PHYTONER study. *Am. J. Epidemiol.* 177, 1086–1096. <https://doi.org/10.1093/aje/kws346>
- Blanco-Muñoz, J., Aguilar-Garduño, C., Gamboa-Avila, R., Rodríguez-Barranco, M., Pérez-Méndez, O., Huesca-Gómez, C., González-Alzaga, B., Lacasaña, M., 2013. Association between PON1 genetic polymorphisms and miscarriage in Mexican women exposed to pesticides. *Sci. Total Environ.* 449, 302–308. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.034>
- Blanco-Munoz, J., Morales, M.M., Lacasana, M., Aguilar-Garduno, C., Bassol, S., Cebrian, M.E., 2010. Exposure to organophosphate pesticides and male hormone profile in floriculturist of the state of Morelos, Mexico. *Hum. Reprod.* 25, 1787–1795. <https://doi.org/10.1093/humrep/deq082>
- Boffetta, P., Desai, V., 2018. Exposure to permethrin and cancer risk: a systematic review. *Crit. Rev. Toxicol.* 48, 433–442. <https://doi.org/10.1080/10408444.2018.1439449>
- Bonsall, J.L., 1985. Measurement of occupational exposure to pesticides. Taylor Francis, *Occupational Hazards of Pesticide Use* 13–33.
- Boulanger, M., Tual, S., Lemarchand, C., Guizard, A.-V., Delafosse, P., Marcotullio, E., Pons, R., Piel, C., Pouchieu, C., Baldi, I., Clin, B., Lebailly, P., 2018. Lung cancer risk and occupational exposures in crop farming: results from the AGRiculture and CANcer (AGRICAN) cohort. *Occup. Environ. Med.* 75, 776–785. <https://doi.org/10.1136/oemed-2017-104976>

- Bouyer, J., Dardenne, J., Hémon, D., 1995. Performance of odds ratios obtained with a job-exposure matrix and individual exposure assessment with special reference to misclassification errors. *Scand. J. Work. Environ. Health* 21, 265–271. <https://doi.org/10.5271/sjweh.36>
- Bouyer, J., Hemon, D., 1993a. Retrospective Evaluation of Occupational Exposures in Population-Based Case-Control Studies: General Overview with Special Attention to Job Exposure Matrices. *Int. J. Epidemiol.* 22, S57–S64. [https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement\\_2.S57](https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement_2.S57)
- Bouyer, J., Hemon, D., 1993b. Studying the Performance of a Job Exposure Matrix. *Int. J. Epidemiol.* 22, S65–S71. [https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement\\_2.S65](https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement_2.S65)
- Bradberry, S.M., Cage, S.A., Proudfoot, A.T., Vale, J.A., 2005. Poisoning due to Pyrethroids: *Toxicol. Rev.* 24, 93–106. <https://doi.org/10.2165/00139709-200524020-00003>
- Braman, S.K., Oetting, R.D., Florkowski, W., 1997. Assessment of Pesticide Use by Commercial Landscape Maintenance and Lawn Care Firms in Georgia. *J. Entomol. Sci.* 32, 403–411. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-32.4.403>
- Brasil, V.L.M., Ramos Pinto, M.B., Bonan, R.F., Kowalski, L.P., da Cruz Perez, D.E., 2018. Pesticides as risk factors for head and neck cancer: A review. *J. Oral Pathol. Med.* 47, 641–651. <https://doi.org/10.1111/jop.12701>
- Brender, J.D., Suarez, L., 1990. PATERNAL OCCUPATION AND ANENCEPHALY. *Am. J. Epidemiol.* 131, 517–521. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a115526>
- Bresson, M., Bureau, M., Le Goff, J., Lecluse, Y., Robelot, E., Delamare, J., Baldi, I., Lebailly, P., 2022. Pesticide Exposure in Fruit-Growers: Comparing Levels and Determinants Assessed under Usual Conditions of Work (CANEPA Study) with Those Predicted by Registration Process (Agricultural Operator Exposure Model). *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 19, 4611. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084611>
- Bretveld, R., Brouwers, M., Ebisch, I., Roeleveld, N., 2007. Influence of pesticides on male fertility. *Scand. J. Work. Environ. Health* 33, 13–28. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1060>
- Bretveld, R., Kik, S., Hooiveld, M., van Rooij, I., Zielhuis, G., Roeleveld, N., 2008. Time-to-pregnancy among male greenhouse workers. *Occup. Environ. Med.* 65, 185–190. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.036269>
- Bretveld, R., Zielhuis, G.A., Roeleveld, N., 2006. Time to pregnancy among female greenhouse workers. *Scand. J. Work. Environ. Health* 32, 359–367. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1031>
- Brouwer, D.H., Brouwer, R., Mik, G.D., Maas, C.L., Hemmen, J.V., 1992. Pesticides in the

- cultivation of carnations in greenhouses: part I-Exposure and concomitant health risk. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53, 575–581. <https://doi.org/10.1080/15298669291360175>
- Brouwer, M., Schinasi, L., Beane Freeman, L.E., Baldi, I., Lebailly, P., Ferro, G., Nordby, K.-C., Schüz, J., Leon, M.E., Kromhout, H., 2016. Assessment of occupational exposure to pesticides in a pooled analysis of agricultural cohorts within the AGRICOH consortium. *Occup. Environ. Med.* 73, 359–367. <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103319>
- Brouwer, R., Brouwer, D.H., Tijssen, S.C., Hemmen, J.V., 1992a. Pesticides in the cultivation of carnations in greenhouses: part II-relationship between foliar residues and exposures. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 53, 582–587. <https://doi.org/10.1080/15298669291360184>
- Brouwer, R., Marquart, H., de Mik, G., van Hemmen, J.J., 1992b. Risk assessment of dermal exposure of greenhouse workers to pesticides after re-entry. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 23, 273–280. <https://doi.org/10.1007/BF00216233>
- Bureau, M., Béziat, B., Duporté, G., Bouchart, V., Lecluse, Y., Barron, E., Garrigou, A., Dévier, M.-H., Budzinski, H., Lebailly, P., Baldi, I., 2022. Pesticide exposure of workers in apple growing in France. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 95, 811–823. <https://doi.org/10.1007/s00420-021-01810-y>
- Burmeister, L.F., 1990. Cancer in iowa farmers: Recent results. *Am. J. Ind. Med.* 18, 295–301. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700180309>
- Capri, E., Alberici, R., Glass, C.R., Minuto, G., Trevisan, M., 1999. Potential operator exposure to procymidone in greenhouses. *J. Agric. Food Chem.* 47, 4443–4449. <https://doi.org/10.1021/jf990175w>
- Carles, C., Bouvier, G., Esquirol, Y., Pouchieu, C., Migault, L., Piel, C., Fabbro-Peray, P., Tual, S., Lebailly, P., Baldi, I., 2018. Occupational exposure to pesticides: development of a job-exposure matrix for use in population-based studies (PESTIPOP). *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 28, 281–288. <https://doi.org/10.1038/jes.2017.26>
- Carles, C., Bouvier, G., Lebailly, P., Baldi, I., 2017. Use of job-exposure matrices to estimate occupational exposure to pesticides: A review. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 27, 125–140. <https://doi.org/10.1038/jes.2016.25>
- Chen, G.X., 't Mannetje, A.M., Douwes, J., van den Berg, L., Pearce, N., Kromhout, H., D'Souza, W., McConnell, M., Glass, B., Brewer, N., McLean, D.J., 2019. Occupation and motor neuron disease: a New Zealand case-control study. *Occup. Environ. Med.* 76, 309–316. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105605>
- Chen, H., Xiao, J., Hu, G., Zhou, J., Xiao, H., Wang, X., 2002b. Estrogenicity of Organophosphorus and Pyrethroid Pesticides. *J. Toxicol. Environ. Health A* 65, 1419–1435.

<https://doi.org/10.1080/00984100290071243>

- Chen, S., Gu, S., Wang, Y., Yao, Y., Wang, G., Jin, Y., Wu, Y., 2016. Exposure to pyrethroid pesticides and the risk of childhood brain tumors in East China. *Environ. Pollut.* 218, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.066>
- Chester, G., 1993. Evaluation of agricultural worker exposure to, and absorption of, pesticides. *Ann. Occup. Hyg.* 37, 509–524. <https://doi.org/10.1093/annhyg/37.5.509>
- Chester, G., Hart, T.B., 1986. Biological monitoring of a herbicide applied through backpack and vehicle sprayers. *Toxicol. Lett.* 33, 137–149. [https://doi.org/10.1016/0378-4274\(86\)90078-0](https://doi.org/10.1016/0378-4274(86)90078-0)
- Colt, J.S., Karagas, M.R., Schwenn, M., Baris, D., Johnson, A., Stewart, P., Verrill, C., Moore, L.E., Lubin, J., Ward, M.H., Samanic, C., Rothman, N., Cantor, K.P., Beane Freeman, L.E., Schned, A., Cherala, S., Silverman, D.T., 2011. Occupation and bladder cancer in a population-based case-control study in Northern New England. *Occup. Environ. Med.* 68, 239–249. <https://doi.org/10.1136/oem.2009.052571>
- Connolly, A., Coggins, M.A., Galea, K.S., Jones, K., Kenny, L., McGowan, P., Basinas, I., 2019. Evaluating Glyphosate Exposure Routes and Their Contribution to Total Body Burden: A Study Among Amenity Horticulturalists. *Ann. Work Expo. Health* 63, 133–147. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy104>
- Convention ITAB-ONEMA, 2013. Procédures réglementaires applicables aux produits de biocontrôle - Guide pédagogique.
- Cowell, J.E., Lottman, C.M., Manning, M.J., 1991. Assessment of lawn care worker exposure to dithiopyr. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21, 195–201. <https://doi.org/10.1007/BF01055337>
- Cox, D.R., 1972. Regression Models and Life-Tables. *J. R. Stat. Soc. Ser. B Methodol.* 34, 187–202. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1972.tb00899.x>
- Cozen, W., Gebregziabher, M., Conti, D.V., Van Den Berg, D.J., Coetzee, G.A., Wang, S.S., Rothman, N., Bernstein, L., Hartge, P., Morhbach, A., Coetzee, S.G., Salam, M.T., Wang, W., Zadnick, J., Ingles, S.A., 2006. Interleukin-6-Related Genotypes, Body Mass Index, and Risk of Multiple Myeloma and Plasmacytoma. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 15, 2285–2291. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-06-0446>
- Crisostomo, L., Molina, V.V., 2002. Pregnancy Outcomes among Farming Households of Nueva Ecija with Conventional Pesticide Use versus Integrated Pest Management. *Int. J. Occup. Environ. Health* 8, 232–242. <https://doi.org/10.1179/oeh.2002.8.3.232>



- Curtis, K.M., Savitz, D.A., Weinberg, C.R., Arbuckle, T.E., 1999. The effect of pesticide exposure on time to pregnancy. *Epidemiol. Camb. Mass* 10, 112–117.
- Daures, J.P., Momas, I., Bernon, J., Gremy, F., 1993. A vine-growing exposure matrix in the Hérault area of France. *Int. J. Epidemiol.* 22 Suppl 2, S36-41. [https://doi.org/10.1093/ije/22.supplement\\_2.s36](https://doi.org/10.1093/ije/22.supplement_2.s36)
- de Batista, G.C., Stamper, J.H., Nigg, H.N., Knapp, J.L., 1985. Dislodgeable residues of carbophenothion in Florida citrus: Implications for safe worker reentry. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35, 213–221. <https://doi.org/10.1007/BF01636501>
- de Cock, J., Heederik, D., Boleij, J.S.M., Kromhout, H., Hoek, F., Wegh, H., Ny, E.T., 1998. Determinants of Exposure to Captan in Fruit Growing. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 59, 166–172. <https://doi.org/10.1080/15428119891010424>
- de Graaf, L., Boulanger, M., Bureau, M., Bouvier, G., Meryet-Figuere, M., Tual, S., Lebailly, P., Baldi, I., 2022a. Occupational pesticide exposure, cancer and chronic neurological disorders: A systematic review of epidemiological studies in greenspace workers. *Environ. Res.* 203, 111822. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111822>
- de Graaf, L., Talibov, M., Boulanger, M., Bureau, M., Robelot, E., Lebailly, P., Baldi, I., 2022b. Health of greenspace workers: Morbidity and mortality data from the AGRICAN cohort. *Environ. Res.* 212, 113375. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113375>
- de Vreede, J.A., Brouwer, D.H., Stevenson, H., van Hemmen, J.J., 1998. Exposure and risk estimation for pesticides in high-volume spraying. *Ann. Occup. Hyg.* 42, 151–157. [https://doi.org/10.1016/s0003-4878\(97\)00056-2](https://doi.org/10.1016/s0003-4878(97)00056-2)
- Delhomme, O., Raeppe, C., Briand, O., Millet, M., 2011. Analytical method for assessing potential dermal exposure to pesticides of a non-agricultural occupationally exposed population. *Anal. Bioanal. Chem.* 399, 1325–1334. <https://doi.org/10.1007/s00216-010-4434-9>
- Demers, P.A., Vaughan, T.L., Koepsell, T.D., Lyon, J.L., Swanson, G.M., Greenberg, R.S., Weiss, N.S., 1993. A case-control study of multiple myeloma and occupation. *Am. J. Ind. Med.* 23, 629–639. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700230410>
- Desrosiers, T.A., Herring, A.H., Shapira, S.K., Hooiveld, M., Luben, T.J., Herdt-Losavio, M.L., Lin, S., Olshan, A.F., the National Birth Defects Prevention Study, 2012. Paternal occupation and birth defects: findings from the National Birth Defects Prevention Study. *Occup. Environ. Med.* 69, 534–542. <https://doi.org/10.1136/oemed-2011-100372>
- DGA, 2015. Note de service DGAL/SDQPV/2015-253 - Catalogue national des usages phytopharmaceutiques.

- Dick, F.D., Semple, S.E., van Tongeren, M., Miller, B.G., Ritchie, P., Sherriff, D., Cherrie, J.W., 2010. Development of a Task-Exposure Matrix (TEM) for Pesticide Use (TEMPEST). *Ann. Occup. Hyg.* 54, 443–452. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meq014>
- Ding, G., Shi, R., Gao, Y., Zhang, Y., Kamijima, M., Sakai, K., Wang, G., Feng, C., Tian, Y., 2012. Pyrethroid Pesticide Exposure and Risk of Childhood Acute Lymphocytic Leukemia in Shanghai. *Environ. Sci. Technol.* 46, 13480–13487. <https://doi.org/10.1021/es303362a>
- Dowling, K.C., Seiber, J.N., 2002. Importance of Respiratory Exposure to Pesticides Among Agricultural Populations. *Int. J. Toxicol.* 21, 371–381. <https://doi.org/10.1080/10915810290096612>
- Durham, W.F., Wolfe, H.R., 1962. Measurement of the exposure of workers to pesticides. *Bull. World Health Organ.* 26, 75–91.
- El-Zaemey, S., Schinasi, L.H., Ferro, G., Tual, S., Lebailly, P., Baldi, I., Nordby, K.-C., Kjærheim, K., Schüz, J., Monnereau, A., Brouwer, M., Koutros, S., Hofmann, J., Kristensen, P., Kromhout, H., Leon, M.E., Beane Freeman, L.E., 2019. Animal farming and the risk of lymphohaematopoietic cancers: a meta-analysis of three cohort studies within the AGRICOH consortium. *Occup. Environ. Med.* 76, 827–837. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105655>
- Engel, L.S., 2005. Pesticide Use and Breast Cancer Risk among Farmers' Wives in the Agricultural Health Study. *Am. J. Epidemiol.* 161, 121–135. <https://doi.org/10.1093/aje/kwi022>
- FAO, 2022. FAOSTAT.
- FAO, 2002. Code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides 44.
- Fear, N.T., Hey, K., Vincent, T., Murphy, M., 2007. Paternal occupation and neural tube defects: a case-control study based on the Oxford Record Linkage Study register. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.* 21, 163–168. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2007.00793.x>
- Fenske, R.A., Curl, C.L., Kissel, J.C., 2003. The effect of the 14-day agricultural restricted entry interval on azinphosmethyl exposures in a group of apple thinners in Washington state. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 38, 91–97. [https://doi.org/10.1016/S0273-2300\(03\)00073-4](https://doi.org/10.1016/S0273-2300(03)00073-4)
- Fenske, R. A., Hamburger, S.J., Guyton, C.L., 1987. Occupational exposure to fosetyl-Al fungicide during spraying of ornamentals in greenhouses. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 16, 615–621. <https://doi.org/10.1007/BF01055818>
- Ferreira, J.D., Couto, A.C., Pombo-de-Oliveira, M.S., Koifman, S., the Brazilian Collaborative Study Group of Infant Acute Leukemia, 2013. *In Utero* Pesticide Exposure and Leukemia in Brazilian Children < 2 Years of Age. *Environ. Health Perspect.* 121, 269–275.

<https://doi.org/10.1289/ehp.1103942>

Fix, J., Annesi-Maesano, I., Baldi, I., Boulanger, M., Cheng, S., Cortes, S., Dalphin, J.-C., Dalvie, M.A., Degano, B., Douwes, J., Eduard, W., Elholm, G., Ferreccio, C., Harding, A.-H., Jeebhay, M., Kelly, K.M., Kromhout, H., MacFarlane, E., Maesano, C.N., Mitchell, D.C., Mwanga, H., Naidoo, S., Negatu, B., Ngajilo, D., Nordby, K.-C., Parks, C.G., Schenker, M.B., Shin, A., Sigsgaard, T., Sim, M., Soumagne, T., Thorne, P., Yoo, K.-Y., Hoppin, J.A., 2021. Gender differences in respiratory health outcomes among farming cohorts around the globe: findings from the AGRICOH consortium. *J. Agromedicine* 26, 97–108. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2020.1713274>

Fleming, L.E., Bean, J.A., Rudolph, M., Hamilton, K., 1999a. Mortality in a cohort of licensed pesticide applicators in Florida. *Occup. Environ. Med.* 56, 14–21. <https://doi.org/10.1136/oem.56.1.14>

Fleming, L.E., Bean, J.A., Rudolph, M., Hamilton, K., 1999b. Cancer Incidence in a Cohort of Licensed Pesticide Applicators in Florida: *J. Occup. Environ. Med.* 41, 279–288. <https://doi.org/10.1097/00043764-199904000-00010>

Flores, A.P., Berenstein, G.A., Hughes, E.A., Zalts, A., Montserrat, J.M., 2011. Pesticide risk assessment in flower greenhouses in Argentina: the importance of manipulating concentrated products. *J. Hazard. Mater.* 189, 222–228. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.02.028>

FNPHP, 2021. Chiffres clés des entreprises de production de l'horticulture et de la pépinière - édition 2019-2020.

Fogliatto, S., Ferrero, A., Vidotto, F., 2020. Current and future scenarios of glyphosate use in Europe: Are there alternatives? *Adv. Agron.* 163, 219–278. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.005>

Fortes, C., Mastroeni, S., Segatto, M.M., Hohmann, C., Miligi, L., Bakos, L., Bonamigo, R., 2016. Occupational Exposure to Pesticides With Occupational Sun Exposure Increases the Risk for Cutaneous Melanoma. *J. Occup. Environ. Med.* 58, 370–375. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000665>

FranceAgriMer, 2021. Chiffres-clés de l'horticulture ornementale - Données 2019-2020.

Freeborg, R.P., Daniel, W.H., Konopinski, V.J., 1985. Applicator Exposure to Pesticides Applied to Turfgrass. *ACS Symp. Ser., Dermal Exposure Related to Pesticide Use* 273, 287–295.

Frost, G., Brown, T., Harding, A.-H., 2011. Mortality and cancer incidence among British agricultural pesticide users. *Occup. Med.* 61, 303–310. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqr067>

- Fustinoni, S., Mercadante, R., Polledri, E., Rubino, F.M., Mandic-Rajcevic, S., Vianello, G., Colosio, C., Moretto, A., 2014. Biological monitoring of exposure to tebuconazole in winegrowers. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 24, 643–649. <https://doi.org/10.1038/jes.2014.14>
- Gabbianelli, R., Falcioni, G., Nasuti, C., Cantalamessa, F., 2002. Cypermethrin-induced plasma membrane perturbation on erythrocytes from rats: reduction of fluidity in the hydrophobic core and in glutathione peroxidase activity. *Toxicology* 175, 91–101. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(02\)00058-6](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00058-6)
- Gabel, P., Jensen, M.S., Andersen, H.R., Baelum, J., Thulstrup, A.M., Bonde, J.P., Toft, G., 2011. The risk of cryptorchidism among sons of women working in horticulture in Denmark: a cohort study. *Environ. Health* 10, 100. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-100>
- Gallagher, R.P., Elwood, J.M., Threlfall, W.J., Band, P.R., Spinelli, J.J., 1986. Occupation and risk of cutaneous melanoma. *Am. J. Ind. Med.* 9, 289–294. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700090312>
- Gaouar, A., 1980. Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen (Algérie). *For. Méditerranéenne* 2, 131–146.
- Garrigou, A., Baldi, I., Le Frious, P., Anselm, R., Vallier, M., 2011. Ergonomics contribution to chemical risks prevention: An ergotoxicological investigation of the effectiveness of coverall against plant pest risk in viticulture. *Appl. Ergon.* 42, 321–330. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.08.001>
- Garrigou, A., Laurent, C., Berthet, A., Colosio, C., Jas, N., Daubas-Letourneux, V., Jackson Filho, J.-M., Jouzel, J.-N., Samuel, O., Baldi, I., Lebailly, P., Galey, L., Goutille, F., Judon, N., 2020. Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use. *Saf. Sci.* 123, 104527. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104527>
- Garzia, N.A., Spinelli, J.J., Gotay, C.C., Teschke, K., 2018. Literature review: dermal monitoring data for pesticide exposure assessment of farm workers. *J. Agromedicine* 23, 187–214. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2018.1448734>
- Gaspari, L., Paris, F., Jandel, C., Kalfa, N., Orsini, M., Daures, J.P., Sultan, C., 2011. Prenatal environmental risk factors for genital malformations in a population of 1442 French male newborns: a nested case-control study. *Hum. Reprod.* 26, 3155–3162. <https://doi.org/10.1093/humrep/der283>
- Ghesquière, H., Rossi, C., Cherblanc, F., Le Guyader-Peyrou, S., Fontanet, B., Sujoert, P., Fabbro-Peray, P., Bernier, A., Belot, A., Chartier, L., Fornecker, L.-M., Baldi, I., Bouabdallah, K., Laurent, C., Oberic, L., Morineau, N., Le Gouill, S., Morschhauser, F., Haioun, C., Damaj, G., Guidez, S., Labouré, G., Fitoussi, O., Lebras, L., Gressin, R., Salles, G., Ysebaert, L.,

- Monnereau, A., 2021. A French multicentric prospective prognostic cohort with epidemiological, clinical, biological and treatment information to improve knowledge on lymphoma patients: study protocol of the “REal world dAta in LYmphoma and survival in adults” (REALYSA) cohort. *BMC Public Health* 21, 1–15. <https://doi.org/0.1186/s12889-021-10433-4>
- Gilden, R., Friedmann, E., Sattler, B., Squibb, K., McPhaul, K., 2012. Potential Health Effects Related to Pesticide Use on Athletic Fields. *Public Health Nurs.* 29, 198–207. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1446.2012.01016.x>
- Go, V., Garey, J., Wolff, M.S., Pogo, B.G., 1999. Estrogenic potential of certain pyrethroid compounds in the MCF-7 human breast carcinoma cell line. *Environ. Health Perspect.* 107, 173–177. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107173>
- Goldberg, A., Confino-Cohen, R., Waisel, Y., 1998. Allergic responses to pollen of ornamental plants: High incidence in the general atopic population and especially among flower growers. *J. Allergy Clin. Immunol.* 102, 210–214. [https://doi.org/10.1016/S0091-6749\(98\)70088-0](https://doi.org/10.1016/S0091-6749(98)70088-0)
- Grandjean, P., 2006. Pesticide Exposure and Stunting as Independent Predictors of Neurobehavioral Deficits in Ecuadorian School Children. *PEDIATRICS* 117, e546–e556. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-1781>
- Graves, J.S., Chitnis, T., Weinstock-Guttman, B., Rubin, J., Zelikovitch, A.S., Nourbakhsh, B., Simmons, T., Waltz, M., Casper, T.C., Waubant, E., on behalf of the Network of Pediatric Multiple Sclerosis Centers, 2017. Maternal and Perinatal Exposures Are Associated With Risk for Pediatric-Onset Multiple Sclerosis. *Pediatrics* 139, e20162838. <https://doi.org/10.1542/peds.2016-2838>
- Gunier, R.B., Kang, A., Hammond, S.K., Reinier, K., Lea, C.S., Chang, J.S., Does, M., Scelo, G., Kirsch, J., Crouse, V., Cooper, R., Quinlan, P., Metayer, C., 2017. A task-based assessment of parental occupational exposure to pesticides and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Environ. Res.* 156, 57–62. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.001>
- Hadkhale, K., Martinsen, J.I., Weiderpass, E., Kjaerheim, K., Lynge, E., Sparen, P., Tryggvadottir, L., Pukkala, E., 2016. Occupation and Risk of Bladder Cancer in Nordic Countries: *J. Occup. Environ. Med.* 58, e301–e307. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000803>
- Han, M.A., Kim, J.H., Song, H.S., 2019. Persistent organic pollutants, pesticides, and the risk of thyroid cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Cancer Prev.* 28, 344–349. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0000000000000481>
- Handal, A.J., Harlow, S.D., 2009. Employment in the Ecuadorian cut-flower industry and the risk of spontaneous abortion. *BMC Int. Health Hum. Rights* 9, 25.

<https://doi.org/10.1186/1472-698X-9-25>

Handal, A.J., Harlow, S.D., Breilh, J., Lozoff, B., 2008. Occupational Exposure to Pesticides During Pregnancy and Neurobehavioral Development of Infants and Toddlers: *Epidemiology* 19, 851–859. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e318187cc5d>

Handal, A.J., Lozoff, B., Breilh, J., Harlow, S.D., 2007. Neurobehavioral Development in Children With Potential Exposure to Pesticides. *Epidemiology* 18, 312–320. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000259983.55716.bb>

Hansen, E.S., Hasle, H., Lander, F., 1992. A cohort study on cancer incidence among danish gardeners. *Am. J. Ind. Med.* 21, 651–660. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700210505>

Hansen, E.S., Lander, F., Lauritsen, J.M., 2007. Time trends in cancer risk and pesticide exposure, a long-term follow-up of Danish gardeners. *Scand. J. Work. Environ. Health* 33, 465–469. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1162>

Hansen, J.D., Schneider, B.A., Olive, B.M., Bates, J.J., 1978. Personnel safety and foliage residue in an orchard spray program using azinphosmethyl and captan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 7, 63–71. <https://doi.org/10.1007/BF02332038>

Hansen, M.R., Jørs, E., Lander, F., Condarco, G., Schlünssen, V., 2014. Is Cumulated Pyrethroid Exposure Associated With Prediabetes? A Cross-sectional Study. *J. Agromedicine* 19, 417–426. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2014.945708>

Harari, R., Julvez, J., Murata, K., Barr, D., Bellinger, D.C., Debes, F., Grandjean, P., 2010. Neurobehavioral Deficits and Increased Blood Pressure in School-Age Children Prenatally Exposed to Pesticides. *Environ. Health Perspect.* 118, 890–896. <https://doi.org/10.1289/ehp.0901582>

Harp, P.R., 2010. Dicamba, in: *Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology*. Elsevier, pp. 1849–1852. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00085-9>

Hashibe, M., Brennan, P., Chuang, S., Boccia, S., Castellsague, X., Chen, C., Curado, M.P., Dal Maso, L., Daudt, A.W., Fabianova, E., Fernandez, L., Wünsch-Filho, V., Franceschi, S., Hayes, R.B., Herrero, R., Kelsey, K., Koifman, S., La Vecchia, C., Lazarus, P., Levi, F., Lence, J.J., Mates, D., Matos, E., Menezes, A., McClean, M.D., Muscat, J., Eluf-Neto, J., Olshan, A.F., Purdue, M., Rudnai, P., Schwartz, S.M., Smith, E., Sturgis, E.M., Szeszenia-Dabrowska, N., Talamini, R., Wei, Q., Winn, D.M., Shangina, O., Pilarska, A., Zhang, Z.-F., Ferro, G., Berthiller, J., Boffetta, P., 2009. Interaction between Tobacco and Alcohol Use and the Risk of Head and Neck Cancer: Pooled Analysis in the International Head and Neck Cancer Epidemiology Consortium. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 18, 541–550. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-08-0347>

- Heidam, L.Z., 1984. Spontaneous abortions among dental assistants, factory workers, painters, and gardening workers: a follow up study. *J. Epidemiol. Community Health* 38, 149–155. <https://doi.org/10.1136/jech.38.2.149>
- Hénault-Ethier, L., 2016. Document d'information : les pyréthriinoïdes, utilisés à la maison, mais non sans dangers. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2725.0803>
- Hertzman, C., Wiens, M., Snow, B., Kelly, S., Calne, D., 1994. A case-control study of Parkinson's disease in a horticultural region of British Columbia. *Mov. Disord.* 9, 69–75. <https://doi.org/10.1002/mds.870090111>
- Hines, C.J., 2001. Distributions and determinants of pre-emergent herbicide exposures among custom applicators. *Ann. Occup. Hyg.* 45, 227–239. <https://doi.org/10.1093/annhyg/45.3.227>
- Hoekstra, E.J., Kiefer, M., Tepper, A., 1996. Monitoring of exposure to benomyl in nursery workers. *J. Occup. Environ. Med.* 38, 775–781. <https://doi.org/10.1097/00043764-199608000-00013>
- Hong, D., Min, J.-Y., Min, K., 2021. Association between pyrethroids and prostate endpoints; stratified according to renal function. *Environ. Int.* 153, 106489. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106489>
- Hossain, F., Ali, O., D'souza, U.J.A., Naing, D.K.S., 2010. Effects of Pesticide Use on Semen Quality among Farmers in Rural Areas of Sabah, Malaysia. *J. Occup. Health* 52, 353–360. <https://doi.org/10.1539/joh.L10006>
- Huang, S.-H., Wu, I.C., Wu, D.C., Wu, C.-C., Yang, J.-F., Chen, Y.K., Chai, C.Y., Chiu, Y.W., Huang, C.T., Lee, T.C., Wu, M.T., 2012. Occupational risks of esophageal cancer in Taiwanese men. *Kaohsiung J. Med. Sci.* 28, 654–659. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2012.04.034>
- IARC, 1999. Chlorothalonil. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. 73, 183–193.
- IARC, W.G. on the E. of C.R. to H., 2018. DDT, Lindane, and 2,4-D. International Agency for Research on Cancer, Lyon (FR).
- Idrovo, A.J., Sanin, L.H., Cole, D., Chavarro, J., Cáceres, H., Narváez, J., Restrepo, M., 2005. Time to first pregnancy among women working in agricultural production. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 78, 493–500. <https://doi.org/10.1007/s00420-005-0615-9>
- Inserm, 2021. Pesticides et effets sur la santé : Nouvelles données., Expertise collective. Montrouge : EDP Sciences.
- Inserm, 2013. Pesticides: effets sur la santé, Expertise collective. INSERM, Institut national de la santé et de la recherche médicale, Paris.

- Ishmael, J., Litchfield, M.H., 1988. Chronic Toxicity and Carcinogenic Evaluation of Permethrin in Rats and Mice. *Toxicol. Sci.* 11, 308–322. <https://doi.org/10.1093/toxsci/11.1.308>
- Issam, C., Samir, H., Zohra, H., Monia, Z., Hassen, B.C., 2009. Toxic responses to deltamethrin (DM) low doses on gonads, sex hormones and lipoperoxidation in male rats following subcutaneous treatments. *J. Toxicol. Sci.* 34, 663–670. <https://doi.org/10.2131/jts.34.663>
- ITAB, 2016. Guide des produits de protection des cultures utilisables en France en Agriculture Biologique.
- Jansson, C., Oh, J.-K., Martinsen, J.I., Lagergren, J., Plato, N., Kjaerheim, K., Pukkala, E., Sparén, P., Tryggvadottir, L., Weiderpass, E., 2015. Occupation and risk of oesophageal adenocarcinoma and squamous-cell carcinoma: The Nordic Occupational Cancer Study: Occupation and Oesophageal Cancer. *Int. J. Cancer* 137, 590–597. <https://doi.org/10.1002/ijc.29409>
- Jensen, J.K., 1984. The Assumptions Used for Exposure Assessments, in: *Studies in Environmental Science*. Elsevier, pp. 147–152. [https://doi.org/10.1016/S0166-1116\(08\)71043-4](https://doi.org/10.1016/S0166-1116(08)71043-4)
- Ji, G., Xia, Y., Gu, A., Shi, X., Long, Y., Song, L., Wang, S., Wang, X., 2011. Effects of non-occupational environmental exposure to pyrethroids on semen quality and sperm DNA integrity in Chinese men. *Reprod. Toxicol.* 31, 171–176. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2010.10.005>
- Ji, J., Hemminki, K., 2006. Socio-economic and occupational risk factors for gastric cancer: a cohort study in Sweden. *Eur. J. Cancer Prev.* 15, 391–397. <https://doi.org/10.1097/00008469-200610000-00003>
- Johnson, P.D., Rimmer, D.A., Garrod, A.N.I., Helps, J.E., Mawdsley, C., 2004. Operator Exposure When Applying Amenity Herbicides by All-Terrain Vehicles and Controlled Droplet Applicators. *Ann. Occup. Hyg.* 49, 25–32. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh073>
- Jurewicz, J., Kouimintzis, D., Burdorf, A., Hanke, W., Chatzis, C., Linos, A., 2007. Occupational risk factors for work-related disorders in greenhouse workers. *J. Public Health* 15, 265–277. <https://doi.org/10.1007/s10389-007-0129-x>
- Kale, M., Rathore, N., John, S., Bhatnagar, D., 1999. Lipid peroxidative damage on pyrethroid exposure and alterations in antioxidant status in rat erythrocytes: a possible involvement of reactive oxygen species. *Toxicol. Lett.* 105, 197–205. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(98\)00399-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(98)00399-3)
- Kamijima, M., Hibi, H., Gotoh, M., Taki, K., Saito, I., Wang, H., Itohara, S., Yamada, T., Ichihara, G., Shibata, E., Nakajima, T., Takeuchi, Y., 2004. A Survey of Semen Indices in Insecticide



- Sprayers. *J. Occup. Health* 46, 109–118. <https://doi.org/10.1539/joh.46.109>
- Kangas, J., Laitinen, S., Jauhiainen, A., Savolainen, K., 1993. Exposure of sprayers and plant handlers to mevinphos in Finnish greenhouses. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 54, 150–157. <https://doi.org/10.1080/15298669391354496>
- Karr, C., Demers, P., Costa, L.G., Daniell, W.E., Barnhart, S., Miller, M., Gallagher, G., Horstman, S.W., Eaton, D., Rosenstock, L., 1992. Organophosphate pesticide exposure in a group of washington state orchard applicators. *Environ. Res.* 59, 229–237. [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(05\)80242-7](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(05)80242-7)
- Katuwal, S., Martinsen, J.V., Kjaerheim, K., Sparen, P., Tryggvadottir, L., Lynge, E., Weiderpass, E., Pukkala, E., 2018. Occupational variation in the risk of female breast cancer in the Nordic countries. *Cancer Causes Control* 29, 1027–1038. <https://doi.org/10.1007/s10552-018-1076-2>
- Keifer, M.C., 2000. Effectiveness of interventions in reducing pesticide overexposure and poisonings. *Am. J. Prev. Med.* 18, 80–89. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(00\)00144-6](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(00)00144-6)
- Kenborg, L., Lassen, C.F., Lander, F., Olsen, J.H., 2012. Parkinson’s disease among gardeners exposed to pesticides – a Danish cohort study. *Scand. J. Work. Environ. Health* 38, 65–69. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3176>
- Kiefer, M., Lenhart, S.W., Tubbs, R.L., Mattorano, D., 1996. Health Hazard Evaluation Report HETA 95-0248-2562, Dirty Bird, Inc. Grady, Arkansas.
- Kim, E., Moon, J.-K., Choi, H., Kim, J.-H., 2015. Probabilistic Exposure Assessment for Applicators during Treatment of the Fungicide Kresoxim-methyl on an Apple Orchard by a Speed Sprayer. *J. Agric. Food Chem.* 63, 10366–10371. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03217>
- Kjaerheim, K., Haldorsen, T., Lynge, E., Martinsen, J., Pukkala, E., Weiderpass, E., Grimrud, T., 2018. Variation in Nordic Work-Related Cancer Risks after Adjustment for Alcohol and Tobacco. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, 2760. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122760>
- Kjaerheim, K., Martinsen, J.I., Lynge, E., Gunnarsdottir, H.K., Sparen, P., Tryggvadottir, L., Weiderpass, E., Pukkala, E., 2010. Effects of occupation on risks of avoidable cancers in the Nordic countries. *J. Occup. Environ. Med.* 46, 2545–2554. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2010.07.038>
- Kross, B.C., Burmeister, L.F., Ogilvie, L.K., Fuortes, L.J., Fu, C.M., 1996. Proportionate mortality study of golf course superintendents. *Am. J. Ind. Med.* 29, 501–506. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199605\)29:5<501::AID-AJIM8>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199605)29:5<501::AID-AJIM8>3.0.CO;2-O)

- Krstev, S., Knutsson, A., 2019. Occupational Risk Factors for Prostate Cancer: A Meta-analysis. *J. Cancer Prev.* 24, 91–111. <https://doi.org/10.15430/JCP.2019.24.2.91>
- Lacourt, A., Amadéo, B., Gramond, C., Marrer, E., Plouvier, S., Baldi, I., Blay, J.-Y., Coindre, J.-M., de Pinieux, G., Gouin, F., Italiano, A., Le Cesne, A., Le Loarer, F., Monnereau, A., Pellegrin, I., Penel, N., Ray-Coquard, I., Toulmonde, M., Ducimetière, F., Mathoulin-Pélissier, S., 2019. ETIOSARC study : environmental aetiology of sarcomas from a French prospective multicentric population-based case–control study—study protocol. *BMJ Open* 9, e030013. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-030013>
- Larcher, J.L., Dubois, M.N., 1991. *Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural, Technique et Documentation Lavoisier.* ed. Paris.
- Larousse, 2022. *Pesticide.* Larousse.
- Lauria, L., Settimi, L., Spinelli, A., Figà-Talamanca, I., 2006. Exposure to pesticides and time to pregnancy among female greenhouse workers. *Reprod. Toxicol.* 22, 425–430. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2005.12.011>
- Lebailly, P., Bouchard, V., Baldi, I., Lecluse, Y., Heutte, N., Gislard, A., Malas, J.-P., 2009. Exposure to Pesticides in Open-field Farming in France. *Ann. Occup. Hyg.* 53, 69–81. <https://doi.org/10.1093/annhyg/men072>
- Lee, J., Kim, E., Shin, Y., Lee, J., Lee, Jonghwa, Moon, J.K., Choi, H., Maasfeld, W., Kim, J.H., 2018. Whole body dosimetry and risk assessment of agricultural operator exposure to the fungicide kresoxim-methyl in apple orchards. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 155, 94–100. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.063>
- Lemarchand, C., Tual, S., Boulanger, M., Levêque-Morlais, N., Perrier, S., Clin, B., Guizard, A.-V., Velten, M., Rigaud, E., Baldi, I., Lebailly, P., 2016. Prostate cancer risk among French farmers in the AGRICAN cohort. *Scand. J. Work. Environ. Health* 42, 144–152. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3552>
- Lemarchand, C., Tual, S., Levêque-Morlais, N., Perrier, S., Belot, A., Velten, M., Guizard, A.-V., Marcotullio, E., Monnereau, A., Clin, B., Baldi, I., Lebailly, P., 2017. Cancer incidence in the AGRICAN cohort study (2005–2011). *Cancer Epidemiol.* 49, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2017.06.003>
- Leon, M.E., Freeman, L.E.B., Douwes, J., Hoppin, J.A., Kromhout, H., Lebailly, P., Nordby, K.-C., Schenker, M., Schüz, J., Waring, S.C., Alavanja, M.C.R., Annesi-Maesano, I., Baldi, I., Dalvie, M.A., Ferro, G., Fervers, B., Langseth, H., London, L., Lynch, C.F., McLaughlin, J., Merchant, J.A., Pahwa, P., Sigsgaard, T., Stayner, L.T., Wesseling, C., Yoo, K.-Y., Zahm, S.H., Straif, K., Blair, A., 2011. AGRICOH: A Consortium of Agricultural Cohorts. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 8, 1341–1357. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051341>

- Leon, Maria E, Schinasi, L.H., Lebailly, P., Beane Freeman, L.E., Nordby, K.-C., Ferro, G., Monnereau, A., Brouwer, M., Tual, S., Baldi, I., Kjaerheim, K., Hofmann, J.N., Kristensen, P., Koutros, S., Straif, K., Kromhout, H., Schüz, J., 2019. Pesticide use and risk of non-Hodgkin lymphoid malignancies in agricultural cohorts from France, Norway and the USA: a pooled analysis from the AGRICOH consortium. *Int. J. Epidemiol.* 48, 1519–1535. <https://doi.org/10.1093/ije/dyz017>
- Lerda, D., Rizzi, R., 1991. Study of reproductive function in persons occupationally exposed to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). *Mutat. Res. Lett.* 262, 47–50. [https://doi.org/10.1016/0165-7992\(91\)90105-D](https://doi.org/10.1016/0165-7992(91)90105-D)
- Lerro, C.C., Koutros, S., Andreotti, G., Sandler, D.P., Lynch, C.F., Louis, L.M., Blair, A., Parks, C.G., Shrestha, S., Lubin, J.H., Albert, P.S., Hofmann, J.N., Beane Freeman, L.E., 2019. Cancer incidence in the Agricultural Health Study after 20 years of follow-up. *Cancer Causes Control CCC* 30, 311–322. <https://doi.org/10.1007/s10552-019-01140-y>
- Lesmes-Fabian, C., Binder, C.R., 2013. Pesticide flow analysis to assess human exposure in greenhouse flower production in Colombia. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 10, 1168–1185. <https://doi.org/10.3390/ijerph10041168>
- Levêque-Morlais, N., Tual, S., Clin, B., Adjemian, A., Baldi, I., Lebailly, P., 2015. The AGRiculture and CANcer (AGRICAN) cohort study: enrollment and causes of death for the 2005–2009 period. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 88, 61–73. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0933-x>
- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D., Green, A., 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.* 22, 1050–1064. <https://doi.org/DOI:10.1080/10807039.2015.1133242>
- Lewis-Mikhael, A.-M., Bueno-Cavanillas, A., Guiron, T.O., Olmedo-Requena, R., Delgado-Rodriguez, M., Jimenez-Moleon, J., 2017. Occupational exposure to pesticides and prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ. Med.* 74, 699.1-699. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102692corr1>
- Lifeng, T., Shoulin, W., Junmin, J., Xuezhao, S., Yannan, L., Qianli, W., Longsheng, C., 2006. Effects of fenvalerate exposure on semen quality among occupational workers. *Contraception* 73, 92–96. <https://doi.org/10.1016/j.contraception.2005.06.067>
- Littorin, M., Attewell, R., Staffan, Horstmann, V., Muller, T., 1993. Mortality and tumour morbidity among Swedish market gardeners and orchardists. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 65, 163–169. <https://doi.org/10.1007/BF00381152>
- London, L., Myers, J.E., 1998. Use of a crop and job specific exposure matrix for retrospective assessment of long-term exposure in studies of chronic neurotoxic effects of agrichemicals.

- Occup. Environ. Med. 55, 194–201. <https://doi.org/10.1136/oem.55.3.194>
- Lope, V., Perez-Gomez, B., Aragoes, N., Lopez-Abente, G., Gustavsson, P., Plato, N., Zock, J.-P., Pollan, M., 2008. Occupation, Exposure to Chemicals, Sensitizing Agents, and Risk of Multiple Myeloma in Sweden. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 17, 3123–3127. <https://doi.org/10.1158/1055-9965.EPI-08-0343>
- Luce, D., Févotte, J., 2006. Le programme Matgéné: matrices emplois-expositions en population générale état d'avancement, septembre 2005, Enquête. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice.
- Luce, D., Gueguen, A., 2007. Sumex 2. La réalisation d'une matrice emplois-expositions à partir des données de l'enquête Sumer 2003. Institut de veille sanitaire, Maisons-Alfort.
- MacFarlane, E., Simpson, P., Benke, G., Sim, M.R., 2011. Suicide in Australian pesticide-exposed workers. *Occup. Med.* 61, 259–264. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqr031>
- Machera, K., Goumenou, M., Kapetanakis, E., 2003. Determination of Potential Dermal and Inhalation Operator Exposure to Malathion in Greenhouses with the Whole Body Dosimetry Method. *Ann. Occup. Hyg.* <https://doi.org/10.1093/annhyg/mef097>
- Manikkam, M., Tracey, R., Guerrero-Bosagna, C., Skinner, M.K., 2012. Pesticide and insect repellent mixture (permethrin and DEET) induces epigenetic transgenerational inheritance of disease and sperm epimutations. *Reprod. Toxicol.* 34, 708–719. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2012.08.010>
- Mannetje, A. t, Dryson, E., Walls, C., McLean, D., McKenzie, F., Maule, M., Cheng, S., Cunningham, C., Kromhout, H., Boffetta, P., Blair, A., Pearce, N., 2008. High risk occupations for non-Hodgkin's lymphoma in New Zealand: case-control study. *Occup. Environ. Med.* 65, 354–363. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.035014>
- Marehbian, J., Colt, J.S., Baris, D., Stewart, P., Stukel, T.A., Spencer, S.K., Karagas, M.R., 2007. Occupation and keratinocyte cancer risk: a population-based case-control study. *Cancer Causes Control* 18, 895–908. <https://doi.org/10.1007/s10552-007-9034-4>
- McDuffie, H.H., Pahwa, P., McLaughlin, J.R., Spinelli, J.J., Fincham, S., Dosman, J.A., Robson, D., Skinnider, L.F., Choi, N.W., 2001. Non-Hodgkin's lymphoma and specific pesticide exposures in men: cross-Canada study of pesticides and health. *Cancer Epidemiol. Biomark. Prev. Publ. Am. Assoc. Cancer Res. Cosponsored Am. Soc. Prev. Oncol.* 10, 1155–1163.
- McKinlay, R., Plant, J.A., Bell, J.N.B., Voulvoulis, N., 2008. Endocrine disrupting pesticides: Implications for risk assessment. *Environ. Int.* 34, 168–183. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.07.013>

- McLean, D., Mannetje, A. 't, Dryson, E., Walls, C., McKenzie, F., Maule, M., Cheng, S., Cunningham, C., Kromhout, H., Boffetta, P., Blair, A., Pearce, N., 2009. Leukaemia and occupation: a New Zealand Cancer Registry-based case-control Study. *Int. J. Epidemiol.* 38, 594–606. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn220>
- Meeker, J.D., Barr, D.B., Hauser, R., 2009. Pyrethroid insecticide metabolites are associated with serum hormone levels in adult men. *Reprod. Toxicol.* 27, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2008.12.012>
- Meeker, J.D., Barr, D.B., Hauser, R., 2008. Human semen quality and sperm DNA damage in relation to urinary metabolites of pyrethroid insecticides. *Hum. Reprod.* 23, 1932–1940. <https://doi.org/10.1093/humrep/den242>
- Mehdi, L., Weber, C., Pietro, F.D., Selmi, W., 2012. Evolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert à la trame verte. *VertigO Rev. Électronique En Sci. Environ.* 12, en ligne.
- Michalek, I.M., Martinsen, J.I., Weiderpass, E., Kjaerheim, K., Lynge, E., Sparen, P., Tryggvadottir, L., Pukkala, E., 2019. Occupation and risk of cancer of the renal pelvis in Nordic countries. *BJU Int.* 123, 233–238. <https://doi.org/10.1111/bju.14533>
- Mignini, F., Nasuti, C., Fedeli, D., Mattioli, L., Cosenza, M., Artico, M., Gabbianelli, R., 2013. Protective Effect of Alpha-Lipoic Acid on Cypermethrin-Induced Oxidative Stress in Wistar Rats. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 26, 871–881. <https://doi.org/10.1177/039463201302600405>
- Miligi, L., Settimi, L., Masala, G., Maiozzi, P., Maltoni, S.A., Costantini, A.S., Vineis, P., The Working Group on Pesticide Exposure Assessment, 1993. Pesticide Exposure Assessment: A Crop Exposure Matrix. *Int. J. Epidemiol.* 22, S42–S45. [https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement\\_2.S42](https://doi.org/10.1093/ije/22.Supplement_2.S42)
- Mills, P.K., Yang, R., 2003. Prostate Cancer Risk in California Farm Workers: *J. Occup. Environ. Med.* 45, 249–258. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000058339.05741.0c>
- Ministère de l'Agriculture et de la souveraineté alimentaire, 2021. Publication des données provisoires des ventes de produits phytopharmaceutiques en 2020 [WWW Document]. Ministère Agric. Souveraineté Aliment. URL <https://agriculture.gouv.fr/publication-des-donnees-provisoires-des-ventes-de-produits-phytopharmaceutiques-en-2020> (accessed 9.22.22).
- Miquel, G., 2003. Données statistiques sur les pesticides. Annexe 45 (No. 2152). OPECST.
- Monsó, E., Magarolas, R., Badorrey, I., Radon, K., Nowak, D., Morera, J., 2002. Occupational Asthma in Greenhouse Flower and Ornamental Plant Growers. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 165, 954–960. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.165.7.2106152>

- Moon, J.-K., Park, S., Kim, E., Lee, H., Kim, J.-H., 2013. Risk Assessment of the Exposure of Insecticide Operators to Fenvalerate during Treatment in Apple Orchards. *J. Agric. Food Chem.* 61, 307–311. <https://doi.org/10.1021/jf3043083>
- Moreno-Banda, G., Blanco-Muñoz, J., Lacasaña, M., Rothenberg, S.J., Aguilar-Garduño, C., Gamboa, R., Pérez-Méndez, O., 2009. Maternal exposure to floricultural work during pregnancy, PON1 Q192R polymorphisms and the risk of low birth weight. *Sci. Total Environ.* 407, 5478–5485. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.06.033>
- Morrison, H.I., Wilkins, K., Semenciw, R., Mao, Y., Wigle, D., 1992. Herbicides and Cancer. *JNCI J. Natl. Cancer Inst.* 84, 1866–1874. <https://doi.org/10.1093/jnci/84.24.1866>
- Nanni, O., Ricci, M., Lugaresi, C., Amadori, D., Falcini, F., Buiatti, E., 1993. Iterative use of a priori exposure matrices to improve the characterization of chemical exposures in agricultural work studies. *Scand. J. Work. Environ. Health* 19, 191–199. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1482>
- Navarrete-Meneses, M. del P., Pérez-Vera, P., 2019. Pyrethroid pesticide exposure and hematological cancer: epidemiological, biological and molecular evidence. *Rev. Environ. Health* 34, 197–210. <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0070>
- Nigg, H.N., Stamper, J.H., 1983. Exposure of spray applicators and mixer-loaders to chlorobenzilate miticide in Florida citrus groves. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 12, 477–482. <https://doi.org/10.1007/BF01057592>
- Nigg, H.N., Stamper, J.H., Easter, E., DeJonge, J.O., 1993. Protection afforded greenhouse pesticide applicators by coveralls: a field test. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 25, 529–533. <https://doi.org/10.1007/BF00214344>
- Nigg, H.N., Stamper, J.H., Mahon, W.D., 1990. Handgun applicator exposure to ethion in florida citrus. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 45, 463–468. <https://doi.org/10.1007/BF01701173>
- Nigg, H.N., Stamper, J.H., Queen, R.M., 1986. Dicofol exposure to Florida citrus applicators: Effects of protective clothing. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 15, 121–134. <https://doi.org/10.1007/BF01055257>
- OCDE, 1997. Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application (No. 9), Series on testing and Assessment. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- Olshan, A.F., De Roos, A.J., Teschke, K., Neglia, J.P., Stram, D.O., Pollock, B.H., Castleberry, R.P., 1999. Neuroblastoma and parental occupation. *Cancer Causes Control* 10, 539–549. <https://doi.org/10.1023/a:1008998925889>

- OMS, 2013. International classification of diseases for oncology (ICD-O) – 3rd edition, 1st revision, 3rd ed. ed, ICD-O. World Health Organization, Geneva.
- OMS, 1992. International statistical classification of disease and related health problems. Tenth revision. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- OPECST, 2002. Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Assemblée nationale, Sénat.
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P., Moher, D., 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Paget-Bailly, S., Cyr, D., Luce, D., 2012. Occupational Exposures and Cancer of the Larynx— Systematic Review and Meta-analysis. *J. Occup. Environ. Med.* 54, 71–84. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31823c1343>
- Parent, M.E., Hua, Y., Siemiatycki, J., 2000. Occupational risk factors for renal cell carcinoma in Montreal. *Am. J. Ind. Med.* 38, 609–618. [https://doi.org/10.1002/1097-0274\(200012\)38:6<609::aid-ajim1>3.0.co;2-4](https://doi.org/10.1002/1097-0274(200012)38:6<609::aid-ajim1>3.0.co;2-4)
- Park, J., Park, S.K., Choi, Y.-H., 2019. Environmental pyrethroid exposure and diabetes in U.S. adults. *Environ. Res.* 172, 399–407. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.043>
- Partanen, T., Kauppinen, T., Degerth, R., Moneta, G., Mearelli, I., Ojajärvi, A., Hernberg, S., Koskinen, H., Pukkala, E., 1994. Pancreatic cancer in industrial branches and occupations in finland. *Am. J. Ind. Med.* 25, 851–866. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700250609>
- Paulsen, E., Sjøgaard, J., Andersen, K.E., 1997. Occupational dermatitis in Danish gardeners and greenhouse workers (I). Prevalence and possible risk factors. *Contact Dermatitis* 37, 263–270. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1997.tb02462.x>
- Pereira, P.C.G., Parente, C.E.T., Carvalho, G.O., Torres, J.P.M., Meire, R.O., Dorneles, P.R., Malm, O., 2021. A review on pesticides in flower production: A push to reduce human exposure and environmental contamination. *Environ. Pollut.* 289, 117817. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117817>
- Pérez-Gómez, B., Aragonés, N., Gustavsson, P., Plato, N., López-Abente, G., Pollán, M., 2005. Cutaneous melanoma in Swedish women: Occupational risks by anatomic site. *Am. J. Ind. Med.* 48, 270–281. <https://doi.org/10.1002/ajim.20212>

- Perrotta, C., Kleefeld, S., Staines, A., Tewari, P., De Roos, A.J., Baris, D., Birmann, B., Chiu, B., Cozen, W., Becker, N., Foretova, L., Maynadié, M., Nieters, A., de Sanjosé, S., Miligi, L., Seniori Costantini, A., Purdue, M., Spinelli, J., Cocco, P., 2013. Multiple myeloma and occupation: A pooled analysis by the International Multiple Myeloma Consortium. *Cancer Epidemiol.* 37, 300–305. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2013.01.008>
- Perry, M.J., 2008. Effects of environmental and occupational pesticide exposure on human sperm: a systematic review. *Hum. Reprod. Update* 14, 233–242. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmm039>
- Perry, M.J., Venners, S.A., Chen, X., Liu, X., Tang, G., Xing, H., Barr, D.B., Xu, X., 2011. Organophosphorous pesticide exposures and sperm quality. *Reprod. Toxicol.* 31, 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2010.08.006>
- Pesatori, A.C., Sontag, J.M., Lubin, J.H., Consonni, D., Blair, A., 1994. Cohort mortality and nested case-control study of lung cancer among structural pest control workers in Florida (United States). *Cancer Causes Control* 5, 310–318. <https://doi.org/10.1007/BF01804981>
- Petrelli, G., Figà-Talamanca, I., 2001. Reduction in fertility in male greenhouse workers exposed to pesticides. *Eur. J. Epidemiol.* 17, 675–677. <https://doi.org/10.1023/A:1015511625099>
- Piel, C., Pouchieu, C., Carles, C., Béziat, B., Boulanger, M., Bureau, M., Busson, A., Grüber, A., Lecluse, Y., Migault, L., Renier, M., Rondeau, V., Schwall, X., Tual, S., AGRICAN group, Pierre, L., Baldi, I., 2019a. Agricultural exposures to carbamate herbicides and fungicides and central nervous system tumour incidence in the cohort AGRICAN. *Environ. Int.* 130, 104876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.05.070>
- Piel, C., Pouchieu, C., Migault, L., Béziat, B., Boulanger, M., Bureau, M., Carles, C., Grüber, A., Lecluse, Y., Rondeau, V., Schwall, X., Tual, S., Lebailly, P., Baldi, I., AGRICAN group, 2019b. Increased risk of central nervous system tumours with carbamate insecticide use in the prospective cohort AGRICAN. *Int. J. Epidemiol.* 48, 512–526. <https://doi.org/10.1093/ije/dyy246>
- Piel, C., Pouchieu, C., Tual, S., Migault, L., Lemarchand, C., Carles, C., Boulanger, M., Gruber, A., Rondeau, V., Marcotullio, E., Lebailly, P., Baldi, I., 2017. Central nervous system tumors and agricultural exposures in the prospective cohort AGRICAN. *Int. J. Cancer* 141, 1771–1782. <https://doi.org/10.1002/ijc.30879>
- Pons, R., Boulanger, M., Tual, S., Busson, A., Renier, M., Perrier, S., Levêque-Morlais, N., Marcotullio, E., Baldi, I., Lebailly, P., 2021. Agriculture Exposure and Time to Pregnancy Among Women Enrolled in the French Prospective Cohort AGRICAN. *J. Occup. Environ. Med.* 63, 432–440. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000002163>
- Pouchieu, C., Piel, C., Carles, C., Gruber, A., Helmer, C., Tual, S., Marcotullio, E., Lebailly, P., Baldi,



- I., 2018. Pesticide use in agriculture and Parkinson's disease in the AGRICAN cohort study. *Int. J. Epidemiol.* 47, 299–310. <https://doi.org/10.1093/ije/dyx225>
- Pukkala, E., Martinsen, J.I., Lynge, E., Gunnarsdottir, H.K., Sparén, P., Tryggvadottir, L., Weiderpass, E., Kjaerheim, K., 2009. Occupation and cancer – follow-up of 15 million people in five Nordic countries. *Acta Oncol.* 48, 646–790. <https://doi.org/10.1080/02841860902913546>
- Ramlau-Hansen, C.H., Stoltenberg, C.D.G., Hougaard, K.S., Parner, E.T., Toft, G., Thulstrup, A.M., Hansen, J., Bonde, J.P., 2012. Male-mediated infertility in sons of building painters and gardeners: A nationwide register-based follow-up study. *Reprod. Toxicol.* 34, 522–528. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2012.08.006>
- Recio, R., Robbins, W.A., Borja-Aburto, V., Morán-Martínez, J., Froines, J.R., Hernández, R.M., Cebrián, M.E., 2001. Organophosphorous pesticide exposure increases the frequency of sperm sex null aneuploidy. *Environ. Health Perspect.* 109, 1237–1240. <https://doi.org/10.1289/ehp.011091237>
- Renier, M., Busson, A., Boulanger, M., Piel, C., Pons, R., Tual, S., Amadéo, B., Meryet-Figuere, M., Marcotullio, E., Clin, B., Baldi, I., Lebailly, P., The AGRICAN Group, 2022. Agricultural exposure and risk of soft tissue sarcomas and gastrointestinal stromal sarcoma in the AGRiculture and CANcer (AGRICAN) cohort. *Int. J. Cancer* 150, 1792–1803. <https://doi.org/10.1002/ijc.33936>
- Restrepo, M., Munoz, N., Day, N., Parra, J.E., Hernandez, C., Blettner, M., Giraldo, A., 1990a. Birth defects among children born to a population occupationally exposed to pesticides in Colombia. *Scand. J. Work. Environ. Health* 16, 239–246. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1789>
- Restrepo, M., Munoz, N., Day, N.E., Parra, J.E., de Romero, L., Nguyen-Dinh, X., 1990b. Prevalence of adverse reproductive outcomes in a population occupationally exposed to pesticides in Colombia. *Scand. J. Work. Environ. Health* 16, 232–238. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1790>
- Riihimäki, V., Asp, S., Hernberg, S., 1982. Mortality of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid herbicide applicators in Finland: first report of an ongoing prospective cohort study. *Scand. J. Work. Environ. Health* 8, 37–42. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2498>
- Riihimäki, V., Asp, S., Pukkala, E., Hernberg, S., 1983. Mortality and cancer morbidity among chlorinated phenoxyacid applicators in Finland. *Chemosphere* 12, 779–784. [https://doi.org/10.1016/0045-6535\(83\)90237-0](https://doi.org/10.1016/0045-6535(83)90237-0)
- Roeleveld, N., Bretveld, R., 2008. The impact of pesticides on male fertility. *Curr. Opin. Obstet.*

- Gynecol. 20, 229–233. <https://doi.org/10.1097/GCO.0b013e3282fcc334>
- Rusiecki, J.A., Patel, R., Koutros, S., Beane-Freeman, L., Landgren, O., Bonner, M.R., Coble, J., Lubin, J., Blair, A., Hoppin, J.A., Alavanja, M.C., 2009. Cancer Incidence among Pesticide Applicators Exposed to Permethrin in the Agricultural Health Study. *Environ. Health Perspect.* 117, 581–586. <https://doi.org/10.1289/ehp.11318>
- Rydz, E., Larsen, K., Peters, C.E., 2021. Estimating Exposure to Three Commonly Used, Potentially Carcinogenic Pesticides (Chlorolathonil, 2,4-D, and Glyphosate) Among Agricultural Workers in Canada. *Ann. Work Expo. Health* 65, 377–389. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa109>
- Sallmén, M., Liesivuori, J., Taskinen, H., Lindbohm, M.-L., Anttila, A., Aalto, L., Hemminki, K., 2003. Time to pregnancy among the wives of Finnish greenhouse workers. *Scand. J. Work. Environ. Health* 29, 85–93. <https://doi.org/10.5271/sjweh.709>
- Sánchez-Peña, L.C., Reyes, B.E., López-Carrillo, L., Recio, R., Morán-Martínez, J., Cebrián, M.E., Quintanilla-Vega, B., 2004. Organophosphorous pesticide exposure alters sperm chromatin structure in Mexican agricultural workers. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 196, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2003.11.023>
- Sanderson, W.T., Ringenburt, V., Biagini, R., 1995. Exposure of Commercial Pesticide Applicators to the Herbicide Alachlor. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56, 890–897. <https://doi.org/10.1080/15428119591016520>
- Santé Canada, 2020. Pyréthrinés et préparations commerciales connexes - Projet de décision de réévaluation. Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada, Ottawa.
- Saxena, P.N., Chauhan, L.K.S., Gupta, S.K., 2005. Cytogenetic effects of commercial formulation of cypermethrin in root meristem cells of *Allium sativum*: Spectroscopic basis of chromosome damage. *Toxicology* 216, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2005.08.008>
- Schoenig, G., 1995. Mammalian toxicology of pyrethrum extract. In: Casida JE, Quistad GB, eds. *Pyrethrum flowers: Production, chemistry, toxicology, and uses*. Oxford University Press 249–257.
- Seniori Costantini, A., Miligi, L., Kriebel, D., Ramazzotti, V., Rodella, S., Scarpi, E., Stagnaro, E., Tumino, R., Fontana, A., Masala, G., Viganò, C., Vindigni, C., Crosignani, P., Benvenuti, A., Vineis, P., 2001. A Multicenter Case-Control Study in Italy on Hematolymphopoietic Neoplasms and Occupation: *Epidemiology* 12, 78–87. <https://doi.org/10.1097/00001648-200101000-00014>

- Settimi, L., Boffetta, P., Comba, P., Terracini, B., 1990. Epidemiologic study for the evaluation of the cancerogenic risk associated with pesticides. *Med. Lav.* 81, 494–498.
- Settimi, L., Spinelli, A., Lauria, L., Miceli, G., Pupp, N., Angotzi, G., Fedi, A., Donati, S., Miligi, L., Osborn, J., Figà-Talamanca, I., 2008. Spontaneous abortion and maternal work in greenhouses. *Am. J. Ind. Med.* 51, 290–295. <https://doi.org/10.1002/ajim.20556>
- Shaw, G.M., Nelson, V., Olshan, A.F., 2002. Paternal occupational group and risk of offspring with neural tube defects. *Paediatr. Perinat. Epidemiol.* 16, 328–333. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3016.2002.00436.x>
- Silva, J.F.S., Mattos, I.E., Luz, L.L., Carmo, C.N., Aydos, R.D., 2016. Exposure to pesticides and prostate cancer: systematic review of the literature. *Rev. Environ. Health* 31. <https://doi.org/10.1515/reveh-2016-0001>
- Slocum, A.C., Shern, L.C., 1991. Spray deposition patterns during simulated work activities by lawn care specialists. *J. Environ. Sci. Health B* 26, 259–278. <https://doi.org/10.1080/03601239109372734>
- Snijder, C.A., te Velde, E., Roeleveld, N., Burdorf, A., 2012. Occupational exposure to chemical substances and time to pregnancy: a systematic review. *Hum. Reprod. Update* 18, 284–300. <https://doi.org/10.1093/humupd/dms005>
- Soderlund, D.M., 2010. Toxicology and Mode of Action of Pyrethroid Insecticides, in: Hayes' Handbook of Pesticide Toxicology. Elsevier, pp. 1665–1686. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00077-X>
- Spinozi, J., Févotte, J., 2008. Le programme Matphyto – Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice.
- Stallones, L., 2006. Suicide and potential occupational exposure to pesticides, Colorado 1990–1999. *J. Agromedicine* 11, 107–112. [https://doi.org/10.1300/J096v11n03\\_11](https://doi.org/10.1300/J096v11n03_11)
- Stamper, J.H., Nigg, H.N., Mahon, W.D., Nielsen, A.P., Royer, M.D., 1989a. Pesticide exposure to greenhouse handgunners. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 18, 515–529. <https://doi.org/10.1007/BF01055018>
- Stamper, J.H., Nigg, H.N., Mahon, W.D., Nielsen, A.P., Royer, M.D., 1989b. Pesticide exposure to a greenhouse drencher. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 42, 209–217. <https://doi.org/10.1007/BF01699402>
- Stanganelli, I., De Felici, M.B., Mandel, V.D., Caini, S., Raimondi, S., Corso, F., Bellerba, F., Quaglino, P., Sanlorenzo, M., Ribero, S., Medri, M., Farnetani, F., Feliciani, C., Pellacani, G., Gandini, S., IMI the Italian Melanoma Intergroup, 2020. The association between pesticide

- use and cutaneous melanoma: a systematic review and meta-analysis. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 34, 691–708. <https://doi.org/10.1111/jdv.15964>
- Sudakin, D.L., 2006. Pyrethroid Insecticides: Advances and Challenges in Biomonitoring. *Clin. Toxicol.* 44, 31–37. <https://doi.org/10.1080/15563650500394647>
- Swaen, G.M., van Amelsvoort, L., Slangen, J.J., Mohren, D.C., 2004. Cancer mortality in a cohort of licensed herbicide applicators. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 77, 293–295. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0503-8>
- Swaen, G.M., van Vliet, C., Slangen, J.J., Sturmans, F., 1992. Cancer mortality among licensed herbicide applicators. *Scand. J. Work. Environ. Health* 18, 201–204. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1587>
- Talibov, M., Tual, S., Morlais, F., Meryet-Figuière, M., Boulanger, M., Bouvier, V., Perrier, S., Clin, B., Baldi, I., Lebailly, P., Dabakuyo-Yonli, S., Bara, S., Bouvier, A.M., Busquet, T., Colonna, M., Coureau, G., Delanoé, M., Grosclaude, P., Guizard, A.V., Herbrecht, P., Laplante, J.J., Lapotre-Ledoux, B., Launoy, G., Lenoir, D., Hammas, K., Marcotullio, E., Maynadié, M., Molinié, F., Monnereau, A., Paumier, A., Jarriges, J., Thibaudier, J.M., Troussard, X., Velten, M., Wavelet, E., Woronoff, A.S., 2022. Colorectal cancer among farmers in the AGRICAN cohort study. *Cancer Epidemiol.* 78, 102125. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2022.102125>
- Taylor, L., Hochuli, D.F., 2017. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landsc. Urban Plan.* 158, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
- Teschke, K., Morgan, M.S., Checkoway, H., Franklin, G., Spinelli, J.J., van Belle, G., Weiss, N.S., 1997. Surveillance of nasal and bladder cancer to locate sources of exposure to occupational carcinogens. *Occup. Environ. Med.* 54, 443–451. <https://doi.org/10.1136/oem.54.6.443>
- Togawa, K., Leon, M.E., Lebailly, P., Beane Freeman, L.E., Nordby, K.-C., Baldi, I., MacFarlane, E., Shin, A., Park, S., Greenlee, R.T., Sigsgaard, T., Basinas, I., Hofmann, J.N., Kjaerheim, K., Douwes, J., Denholm, R., Ferro, G., Sim, M.R., Kromhout, H., Schüz, J., 2021. Cancer incidence in agricultural workers: Findings from an international consortium of agricultural cohort studies (AGRICOH). *Environ. Int.* 157, 106825. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106825>
- Tual, S., Clin, B., Levêque-Morlais, N., Raherison, C., Baldi, I., Lebailly, P., 2013. Agricultural exposures and chronic bronchitis: findings from the AGRICAN (AGRIculture and CANcer) cohort. *Ann. Epidemiol.* 23, 539–545. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2013.06.005>
- Tüchsen, F., Astrup Jensen, A., 2000. Agricultural work and the risk of Parkinson's disease in Denmark, 1981-1993. *Scand. J. Work. Environ. Health* 26, 359–362.

<https://doi.org/10.5271/sjweh.554>

- Tuomainen, A., Kangas, J.A., Meuling, W.J., Glass, R.C., 2002. Monitoring of pesticide applicators for potential dermal exposure to malathion and biomarkers in urine. *Toxicol. Lett.* 134, 125–132. [https://doi.org/10.1016/s0378-4274\(02\)00181-9](https://doi.org/10.1016/s0378-4274(02)00181-9)
- UNEP, 2021. Chiffres clés 2020 des entreprises du paysage.
- US EPA, 1994. Memorandum. Pyrethrum extract: Review of rat chronic feeding/carcinogenicity study (IRDC 1990) and mouse carcinogenicity study (IRDC 1990), Tox Review 01079.
- Van Maele-Fabry, G., 2003. Occupation related pesticide exposure and cancer of the prostate: a meta-analysis. *Occup. Environ. Med.* 60, 634–642. <https://doi.org/10.1136/oem.60.9.634>
- Van Maele-Fabry, G., Willems, J.L., 2004. Prostate cancer among pesticide applicators: A meta-analysis. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 77, 559–570. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0548-8>
- Wang, Q., Zhou, J.-L., Wang, H., Ju, Q., Ding, Z., Zhou, X.-L., Ge, X., Shi, Q.-M., Pan, C., Zhang, J.-P., Zhang, M.-R., Yu, H.-M., Xu, L.-C., 2016. Inhibition effect of cypermethrin mediated by co-regulators SRC-1 and SMRT in interleukin-6-induced androgen receptor activation. *Chemosphere* 158, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.053>
- Weidner, I.S., Møller, H., Jensen, T.K., Skakkebaek, N.E., 1998. Cryptorchidism and hypospadias in sons of gardeners and farmers. *Environ. Health Perspect.* 106, 793–796. <https://doi.org/10.1289/ehp.98106793>
- Wingren, G., Fredrikson, M., Brage, H.N., Nordenskjöld, B., Axelson, O., 1990. Soft tissue sarcoma and occupational exposures. *Cancer* 66, 806–811. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19900815\)66:4<806::aid-cnrcr2820660435>3.0.co;2-u](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19900815)66:4<806::aid-cnrcr2820660435>3.0.co;2-u)
- Wojeck, G.A., Nigg, H.N., Braman, R.S., Stamper, J.H., Rouseff, R.L., 1982. Worker exposure to arsenic in Florida grapefruit spray operations. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 11, 661–667. <https://doi.org/10.1007/BF01059152>
- Wojeck, G.A., Nigg, H.N., Stamper, J.H., Bradway, D.E., 1981. Worker exposure to ethion in florida citrus. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 10, 725–735. <https://doi.org/10.1007/BF01054856>
- Wojeck, G.A., Price, J.F., Nigg, H.N., Stamper, J.H., 1983. Worker exposure to paraquat and diquat. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 12, 65–70. <https://doi.org/10.1007/BF01055003>
- Wood, D., Astrakianakis, G., Lang, B., Le, N., Bert, J., 2002. Development of an Agricultural Job-Exposure Matrix for British Columbia, Canada: *J. Occup. Environ. Med.* 44, 865–873.

<https://doi.org/10.1097/00043764-200209000-00009>

- Woods, J.S., Polissar, L., Severson, R.K., Heuser, L.S., Kulander, B.G., 1987. Soft tissue sarcoma and non-Hodgkin's lymphoma in relation to phenoxyherbicide and chlorinated phenol exposure in western Washington. *J. Natl. Cancer Inst.* 78, 899–910.
- Xia, Y., Bian, Q., Xu, L., Cheng, S., Song, L., Liu, J., Wu, W., Wang, S., Wang, X., 2004. Genotoxic effects on human spermatozoa among pesticide factory workers exposed to fenvalerate. *Toxicology* 203, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2004.05.018>
- Xia, Y., Han, Y., Wu, B., Wang, S., Gu, A., Lu, N., Bo, J., Song, L., Jin, N., Wang, X., 2008. The relation between urinary metabolite of pyrethroid insecticides and semen quality in humans. *Fertil. Steril.* 89, 1743–1750. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2007.05.049>
- Xu, X., Dailey, A.B., Talbott, E.O., Ilacqua, V.A., Kearney, G., Asal, N.R., 2010. Associations of Serum Concentrations of Organochlorine Pesticides with Breast Cancer and Prostate Cancer in U.S. Adults. *Environ. Health Perspect.* 118, 60–66. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900919>
- Yeung, P., Cantrell, P., Murdoch, C., Rogers, A., Apthorpe, L., Vickers, C., Conaty, G., 1998. Exposure of Air Blast Applicators to Ethyl Parathion and Methyl Parathion in Orchards: A Comparison of Australian Conditions to Overseas Predictive Exposure Models. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 13, 242–251. <https://doi.org/10.1080/1047322X.1998.10390075>
- Young, H.A., 2004. Use of a crop and job specific exposure matrix for estimating cumulative exposure to triazine herbicides among females in a case-control study in the Central Valley of California. *Occup. Environ. Med.* 61, 945–951. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.011742>
- Young Kim, I., Young Han, S., Seok Kang, T., Mu Lee, B., Sik Choi, K., Ju Moon, H., Sung Kim, T., Hyun Kang, I., Jun Kwack, S., Moon, A., Young Ahn, M., Sik Kim, H., 2005. Pyrethroid Insecticides, Fenvalerate and Permethrin, Inhibit Progesterone-Induced Alkaline Phosphatase Activity in T47D Human Breast Cancer Cells. *J. Toxicol. Environ. Health A* 68, 2175–2186. <https://doi.org/10.1080/15287390500180523>
- Yucra, S., Gasco, M., Rubio, J., Gonzales, G.F., 2008. Semen quality in Peruvian pesticide applicators: association between urinary organophosphate metabolites and semen parameters. *Environ. Health* 7, 59. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-59>
- Yucra, S., Rubio, J., Gasco, M., Gonzales, C., Steenland, K., Gonzales, G.F., 2006. Semen Quality and Reproductive Sex Hormone Levels in Peruvian Pesticide Sprayers. *Int. J. Occup. Environ. Health* 12, 355–361. <https://doi.org/10.1179/oeh.2006.12.4.355>
- Zahm, S.H., 1997. Mortality Study of Pesticide Applicators and Other Employees of a Lawn Care

- Service Company. *J. Occup. Environ. Med.* 39, 1055–1067.
- Zhang, S.-Y., Ueyama, J., Ito, Y., Yanagiba, Y., Okamura, A., Kamijima, M., Nakajima, T., 2008. Permethrin may induce adult male mouse reproductive toxicity due to cis isomer not trans isomer. *Toxicology* 248, 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2008.03.018>
- Zhong, Y., Rafnsson, V.L., 1996. Cancer Incidence among Icelandic Pesticide Users. *Int. J. Epidemiol.* 25, 1117–1124. <https://doi.org/10.1093/ije/25.6.1117>
- Zhu, J.L., Hjollund, N.H., Andersen, A.-M.N., Olsen, J., 2006. Occupational Exposure to Pesticides and Pregnancy Outcomes in Gardeners and Farmers: A Study Within the Danish National Birth Cohort: *J. Occup. Environ. Med.* 48, 347–352. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000201566.42186.5f>
- Zielhuis, G.A., Hulscher, M.E.J.L., Florack, E.I.M., 1992. Validity and Reliability of a Questionnaire on Fecundability. *Int. J. Epidemiol.* 21, 1151–1156. <https://doi.org/10.1093/ije/21.6.1151>

## ANNEXES

<b>Annexe 1 :</b> Algorithmes de recherche – cancers et maladies neurodégénératives.....	352
<b>Annexe 2:</b> Algorithmes de recherche – Santé reproductive .....	353
<b>Annexe 3:</b> Liste des matières actives utilisées en espaces verts dans la matrice Pestimat ....	355
<b>Annexe 4:</b> Questionnaire d’inclusion Agrican .....	358
<b>Annexe 5:</b> Questionnaire de suivi Agrican .....	363
<b>Annexe 6:</b> Termes retenus à la question Q7.15.1 du questionnaire de suivi .....	372
<b>Annexe 7:</b> Expositions aux pyréthrinoïdes - Comparaison entre les sujets inclus et exclus (Agrican) .....	373
<b>Annexe 8:</b> Guide des entretiens semi-directifs – Pestexpo .....	375
<b>Annexe 9:</b> Liste des produits autorisés en agriculture biologique (hors produits de biocontrôle) – 15 mars 2021 .....	382
<b>Annexe 10:</b> Courrier de recrutement - Pestexpo.....	383
<b>Annexe 11:</b> Cahier d’observation – traitements (Pestexpo).....	384
<b>Annexe 12:</b> Cahier d’observation – Réentrée (Pestexpo).....	395
<b>Annexe 13:</b> Caractéristiques de l’entreprise / exploitation (Pestexpo) .....	403
<b>Annexe 14:</b> Note d’information étude Pestexpo .....	405
<b>Annexe 15:</b> Consentement étude Pestexpo .....	408



## ANNEXE 1 : ALGORITHMES DE RECHERCHE – CANCERS ET MALADIES NEURODEGENERATIVES

### PUBMED:

("gardener\*" [Title/Abstract] OR "greenkeep\*" [Title/Abstract] OR "horticultur\*" [Title/Abstract] OR "floricultur\*" [Title/Abstract] OR "greenhouse worker" [Title/Abstract] OR "plant nursery" [Title/Abstract] OR "municipal worker" [Title/Abstract] OR "road maintenance" [Title/Abstract] OR "railway maintenance" [Title/Abstract] OR "golf-course" [Title/Abstract] OR "golf-course" [Title/Abstract] OR "lawn care" [Title/Abstract] OR "pesticide applicators" [Title/Abstract] OR "herbicide applicators" [Title/Abstract] OR "groundsmen" [Title/Abstract] OR "groundskeeper" [Title/Abstract]) AND ("Occupational Exposure" [MeSH Terms] OR "Occupational diseases" [MeSH Terms] OR "Pesticides" [MeSH Terms] OR "Pesticides" [Title/Abstract] OR "Herbicide" [Title/Abstract] OR "fungicide" [Title/Abstract] OR "insecticides" [Title/Abstract] OR "Biological Control Agents" [MeSH Terms] OR "agrochemicals" [MeSH Terms] OR "Occupational Health" [MeSH Terms] OR "neoplasms" [MeSH Terms] OR "mortality" [MeSH Terms] OR "morbidity" [MeSH Terms] OR "Health" [MeSH Terms]) AND ("humans" [MeSH Terms] AND ("English" [Language] OR "French" [Language])) AND "medline" [Filter]) AND "humans" [MeSH Terms]

### SCOPUS

( gardeners OR greenkeepers OR horticulture OR floriculture OR "greenhouse worker" OR "plant nursery" OR "municipal worker" OR "road maintenance" OR "railway maintenance" OR floricult\* OR "golf-course" OR "golf course" OR "lawn care" ) AND ( pesticides OR herbicide OR fungicide OR "Biological Control Agents" OR agrochemical ) AND ( "Occupational Health" OR neoplasm OR mortality OR morbidity OR "Occupational diseases" ) AND ( LIMIT-TO ( SRCTYPE , "j" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) OR LIMIT-TO ( LANGUAGE , "French" ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Human" ) ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , "Humans" ) )

## ANNEXE 2: ALGORITHMES DE RECHERCHE – SANTE REPRODUCTIVE

### PUBMED :

((("horticultur\*" [All Fields] OR "floricultur\*" [All Fields] OR "greenhouse worker\*" [All Fields] OR "plant nursery" [All Fields] OR "cut-flower industry" [All Fields] OR "flower industry" [All Fields] OR "gardener\*" [All Fields] OR "greenkeep\*" [All Fields] OR "municipal worker" [All Fields] OR "road maintenance" [All Fields] OR "railway maintenance" [All Fields] OR "golf-course" [All Fields] OR "golf-course" [All Fields] OR "lawn care" [All Fields] OR "groundsmen" [All Fields] OR "groundskeeper" [All Fields]))

### AND

("Occupational Exposure" [MeSH Terms] OR "Occupational Exposure" [All Fields] OR "Occupational diseases" [MeSH Terms] OR "Occupational diseases" [All Fields] OR "Occupational Health" [MeSH Terms] OR "Occupational Health" [All Fields] OR "Pesticides" [MeSH Terms] OR "Pesticides" [All Fields] OR "Herbicide" [All Fields] OR "fungicide" [All Fields] OR "insecticides" [All Fields] OR "Biological Control Agents" [MeSH Terms] OR "agrochemicals" [MeSH Terms])

### AND

("Time-to-pregnancy" [MeSH Terms] OR "Time-to-pregnancy" [All Fields] OR "pregnancy delay" [All Fields] OR "abortion, spontaneous" [MeSH Terms] OR "spontaneous abortion" [All Fields] OR "early pregnancy loss" [All Fields] OR "miscarriage" [All Fields] OR "tubal abortion" [All Fields] OR "pregnancy outcome" [MeSH Terms] OR "pregnancy outcome" [All Fields] OR "reproductive outcome" [All Fields] OR "adverse reproductive outcome" [All Fields] OR "Congenital Abnormalities" [MeSH Terms] OR "congenital abnormalit\*" [All Fields] OR "birth defect" [All Fields] OR "congenital defect" [All Fields] OR "congenital malformation" [All Fields] OR "deformity" [All Fields] OR "fetal malformation" [All Fields] OR "fetal abnormality" [All Fields] OR "fecundability" [All Fields] OR "subfertility" [All Fields] OR "sub-fertility" [All Fields] OR "infertility" [MeSH Terms] OR "infertility" [All Fields] OR "fertility" [MeSH Terms] OR "fertility" [All Fields] OR "sterility" [All Fields] OR "pregnancy" [All Fields] OR "stillbirth" [MeSH Terms] OR "stillbirth" [All Fields] OR "fetal death" [All Fields] OR "fetal loss" [All Fields] OR "premature birth" [MeSH Terms] OR "preterm birth" [All Fields] OR "preterm delivery" [All Fields] OR "birth weight" [MeSH Terms] OR "birth weight" [All Fields] OR "infant, low birth weight" [MeSH Terms] OR "Fetal development" [MeSH Terms] OR "Fetal development" [All Fields] OR "fetal growth" [All Fields] OR "postnatal development" [All Fields] OR "child" [MeSH Terms] OR "child\*" [All Fields] OR "infant" [MeSH Terms] OR "infant" [All Fields] OR "early childhood" [All Fields] OR "fetus" [All Fields] OR "child development" [MeSH Terms] OR "neurodevelopmental disorders" [MeSH Terms] OR "neurodevelopmental disorders" [All Fields] OR "child development disorders, pervasive" [MeSH Terms] OR "cognitive development" [All Fields] OR "cognition" [MeSH Terms] OR "psychomotor development" [All Fields] OR "psychomotor disorders" [MeSH Terms] OR "motor development" [All Fields] OR "cognition disorders" [MeSH Terms] OR "neuropsychology" [MeSH Terms] OR "neuropsychology" [All Fields])) AND ((humans [Filter]) AND (english [Filter] OR french [Filter]))

**SCOPUS:**

TITLE-ABS-KEY ( ( floriculture OR {flower industry} OR gardener OR greenkeeper OR {municipal worker} OR {road maintenance} OR {railway maintenance} OR {golf course} OR {lawn care} OR groundsman OR groundskeeper ) AND ( {Occupational Exposure} OR {Occupational disease} OR pesticides OR herbicide OR fungicide OR insecticides ) AND ( {Time-to-pregnancy} OR {pregnancy delay} OR {spontaneous abortion} OR {early pregnancy loss} OR miscarriage OR {tubal abortion} OR {pregnancy outcome} OR {reproductive outcome} OR {Congenital Abnormalities} OR {birth defect} OR {congenital defect} OR {congenital malformation} OR {fetal malformation} OR {fetal abnormality} OR fecundability OR subfertility OR infertility OR fertility OR sterility OR pregnancy OR stillbirth OR {fetal death} OR {fetal loss} OR {premature birth} OR {preterm birth} OR {preterm delivery} OR {birth weight} OR {Fetal development} OR {fetal growth} OR {postnatal development} OR child OR infant OR {early childhood} OR {child development} OR {neurodevelopmental disorders} OR {cognitive development} OR {psychomotor development} OR {psychomotor disorders} OR {motor development} OR {cognition disorders} OR neuropsychology ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) OR LIMIT-TO ( LANGUAGE , "French" ) )

### ANNEXE 3: LISTE DES MATIERES ACTIVES UTILISEES EN ESPACES VERTS DANS LA MATRICE PESTIMAT

Matière active	Numéro CAS	Période d'utilisation	Culture	Cibles	Doses
Acrinathrine	101007-06-1	2001 – 2018	Horticulture	Thrips	71,25 g/ha
Alphaméthrine	67375-30-8	2002 – 2006	Horticulture	Pucerons	15 g/ha
Betacyfluthrine	1820573-27-0	2016 – 2020	Horticulture	Noctuelles défoliatrices A partir de 2018 : lycènes du géranium, tenthrèdes, tordeuses	7,5 g/ha
Bifenthrine	82657-04-3	1988 – 2011 1992 – 2011	Horticulture Pépinière	Pucerons, aleurodes, acariens, noctuelles terricoles Acariens, pucerons, cochenilles	10 à 40 g/ha 40 g/ha
Cyfluthrine	68359-37-5	1996 – 2015	Horticulture	Noctuelles défoliatrices	15 g/ha
Cyperméthrine	52315-07-8	2001 – 2022 2008 – 2019	Horticulture Pépinière	Noctuelles défoliatrices Pucerons	3 à 5 g/hL 3 à 5 g/hL
Deltaméthrine	52918-63-5	1998 – 2009	Horticulture Pépinière	Pucerons Processionnaires du chêne, pucerons, tigres du platane	7,5 g/ha 0,75 à 1,8 g/hL
Esfenvalérate	66230-04-4	2005 – 2006	Horticulture	Pucerons, chenilles phytophages	12,5 g/ha
Étofenprox	80844-07-1	1997 – 2013 2003 – 2013	Horticulture Pépinière	Pucerons, aleurodes Pucerons	295 à 442,5 g/ha 295 g/ha
Lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2007 – 2022	Horticulture Pépinière	Cicadelles, pucerons, noctuelles défoliatrice, chrysomèles, hannetons, noctuelles, taupins Chenilles phytophages, pucerons, coléoptères, noctuelles, taupins	0,125 g/ha à 1,5 g/hL 11 g/ha à 1,5 g/hL
Pyrèthres naturelles	8003-34-7	2001 – 2018	Horticulture Pépinière	Pucerons Pucerons	0,5 à 0,6 g/ha 10 à 12 g/hL
Tau-fluvalinate	102851-06-9	1994 – 2022	Horticulture Pépinière	Pucerons Cochenilles, tigres du platane	48 g/ha 11,25 g/ha
Dicofol	115-32-2	1982 – 2010 1980 – 2009	Horticulture Pépinière	Acariens Acariens	48 à 54 g/hL 48 à 54 g/hL
Endosulfan	115-29-7	1982 – 2007	Horticulture	Pucerons	61,25 g/hL
Carbofuran		1988 – 2008	Horticulture Pépinière	Otiorynque Ohiorynque	25 g/m <sup>2</sup> 25 g/m <sup>2</sup>
Carbosulfan	55285-14-8	2002 – 2008	Horticulture Pépinière	Ravageurs (non précisé) Ravageurs (non précisé)	5 à 7,5 kg/ha 5 à 7,5 kg/ha
Methomyl	16752-77-5	1970 – 2008	Horticulture	Pucerons	30 à 50 g/hL
Pyrimicarbe	23103-98-2	1980 – 2006	Horticulture	Pucerons	37,5 g/hL
Oxamyl	23135-22-0	1973 – 1983	Horticulture	Nématodes	1 g/m <sup>3</sup>
Thiophanate methyl	23564-05-8	2005-2021	Horticulture	alternariose, anthracnose, ascochytose, pourriture grise	1,1 à 1,6 kg/ha
Dinocap	39300-45-3	1967 – 2007	Horticulture	Oïdium	17,5 à 25 g/hL
Mancozèbe	8018-01-7	2000 - 2010	Espaces verts	maladies diverses, rhicoctonia	15 kg/ha

		1984 - 2021	Horticulture	Rouille blanche, ascochytose, maladie tâches noires, anthracnose, botrytis, charbons, tâches foliaires, mildiou, rouille	160 à 1615 g/hL
		1996 - 2021	Pépinière	anthracnose, ascochytose, black rot, brunissure des feuilles, brunissures des pousses, maladie des bandes rouges, tâches foliaires, mildiou, moniliose, rouge cryptogamique, rouille	300 g/hL et 1600 g/ha
Iprodione	36734-19-7	1982 - 2015	Espaces verts	Maladie du fil rouge	6000 g/ha
		2007 – 2015	Horticulture Pépinière	alternariose, pourriture grise, monioluise sur fleurs et rameaux, pourriture grise	750 g/ha 75 g/hL
Captane	133-06-2	2013 – 2022	Pépinière	maladies diverses, monilioses, tavelures	144 g/hL
Prosulfocarbe	52888-80-9	2010 - 2022	Pépinière	Dicotylédones, graminées	4000 g/ha
Chlorprophame (CIPC)	101-21-3	1980 - 2020	Horticulture	Dicotylédones (glaïeuls)	3000 g/ha
Butraline	33629-47-9	1983 – 2009	Horticulture	Dicotylédones annuelles (rosiers)	4800 g/ha
			Pépinière	Dicotylédones annuelles (arbres d'ornement)	4800 g/ha
Oryzalin	19044-88-3	2003 - 2021	Espaces verts	Graminées annuelles	2,5 L/ha
		1994 -2021	Horticulture	Dicotylédones annuelles (rosiers)	5 L/ha
		1990 – 2005	Pépinière	Dicotylédones et graminées annuelles	5 L/ha
Pendiméthaline	40487-42-1	2007 – 2013	Espaces verts	Dicotylédones annuelles	2400 g/ha
		2006 - 2022	Horticulture	Dicotylédones et graminées	3200 g/ha
		2004 - 2002	Pépinière	Dicotylédones et graminées	3200 g/ha
Trifluraline	1582-09-8	1970 – 1980	Horticulture	Désherbage	1,5 kg/ha
		1974 – 2018	Pépinière	Dicotylédones et graminées annuelles	1400 à 1500 g/ha
Acide acétique		2011 – 2022	Espaces verts		
			Horticulture		
			Pépinière		60 à 100 kg/ha
Acide caprylique		2019 – 2022	Espaces verts		
			Horticulture		
			Pépinière		45,3 kg/ha
Acide pélagonique		2011 – 2022	Espaces verts		
			Horticulture		
			Pépinière		31 kg/ha
Aminotriazole	61-82-5	1966 – 2016	Espaces verts		?
		1969 – 2016	Pépinière		?
Chlorate de sodium	7775-09-9	1963 – 2010	Espaces verts		150 à 400 kg/ha
Diquat	2764-72-9	1970 – 1999	Pépinière		0,8 kg/ha
Diuron	330-54-1	1966 – 2006	Espaces verts		15 kg/ha
		1991 – 2002	Pépinière		?
Ethidimuron	30043-49-3	1980 – 2003	Espaces verts		4 à 7 kg/ha

Flazasulfuron	104040-78-0	2000 – 2022	Espaces verts	0,05 kg/ha
		1989 – 2018	Espaces verts	1 à 2 kg/ha
Glufosinate	77182-82-2	1988 – 2002	Horticulture Pépinière	0,75 à 1 kg/ha
Glyphosate	1071-83-6	1981 – 2022	Espaces verts	1,8 à 4,3 kg/ha
		1997 – 2017	Pépinière	1,62 kg/ha
Hexazinone	51235-04-2	1978 – 2002	Espaces verts	0,78 à 10 kg/ha
Imazapyr	81334-34-1	1990 – 2003	Espaces verts	2 kg/ha
		2002 – 2018	Espaces verts	0,54 kg/ha
Isoxabene	82558-50-7	1989 – 2022	Horticulture Pépinière	0,187 à 0,5 kg/ha
Karbutilate	4849-32-5	1983 – 1992	Espaces verts	0,5 à 1,25 kg/ha
Monuron	150-68-5	1963 – 1979	Espaces verts	?
Paraquat	4685-14-7	1978 – 1992	Espaces verts	?
		1963 – 2006	Pépinière	0,6 kg/ha
Sulfosate		1994 – 2008	Espaces verts	1,44 à 4,32 kg/ha
Tebuthiuron	34014-18-1	1977 – 2000	Espaces verts	0,72 à 8 kg/ha
Thiazafluron	25366-23-8	1978 – 1994	Espaces verts	0,18 à 10 kg/ha

## **ANNEXE 4: QUESTIONNAIRE D'INCLUSION AGRICAN**





**B4 - Dans votre vie professionnelle, avez-vous réalisé les tâches suivantes ?**

	Non	Oui	Si oui, pendant combien d'années ?
Mécanique (hors vidange) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> années
Grosses réparations sur pulvérisateurs de pesticides ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> années
Entretien de pulvérisateurs de pesticides ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> années

**C. HISTORIQUE DES ACTIVITES AGRICOLES SUR EXPLOITATIONS (FERMES)**

**Avez-vous déjà travaillé sur une exploitation agricole ?**  Non (Si non, passer au paragraphe D, page 5)  
 Oui, **Merci de compléter les tableaux ci-dessous en n'oubliant pas de cocher Non pour chaque secteur de culture ou élevage dans lequel vous n'avez pas travaillé**

**C1 - Activités d'élevage**

Avez-vous travaillé dans les secteurs d'élevage suivant ?	Avez-vous réalisé <b>vous-même</b> les tâches suivantes ? (vous pouvez cocher plusieurs tâches)	Année de début	Année de fin ou année en cours	Nombre d'animaux	
				Minimum	Maximum
<b>Bovins :</b>	<input type="checkbox"/> Soins animaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Traite	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements insecticides (varonage, anti-mouches...)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Désinfection locaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
	<input type="checkbox"/> Désinfection du matériel de traite	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
<b>Moutons ou chèvres</b>	<input type="checkbox"/> Soins animaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Traite	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements insecticides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Désinfection locaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
	<input type="checkbox"/> Désinfection du matériel de traite	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
<b>Cochons :</b>	<input type="checkbox"/> Soins animaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Traitements insecticides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Désinfection locaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
<b>Chevaux :</b>	<input type="checkbox"/> Soins animaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements insecticides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Volailles :</b>	<input type="checkbox"/> Soins animaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements insecticides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Lesquelles ?	<input type="checkbox"/> Désinfection locaux	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
<input type="checkbox"/> Poules/Poulets					
<input type="checkbox"/> Dindes/Dindons					
<input type="checkbox"/> Canards/Oies					

Autres élevages préciser ci-dessous dans le cadre) : (lapins, pintades, abeilles, etc...)	Année de début	Année de fin ou année en cours	Nombre maximum d'animaux	Quelles sont les principales tâches que vous avez réalisé <b>vous-même</b> ? (merci de préciser dans le cadre ci-dessous)
<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>

**C2 - Viticulture-Céréales-Prairies-Vergers-Serres-Autres cultures**

Avez-vous travaillé dans les secteurs agricoles suivants ?	Avez-vous réalisé <b>vous-même</b> les tâches suivantes ? (vous pouvez cocher plusieurs tâches)	Année de début	Année de fin ou année en cours	Surface minimale (en ha)	Surface maximale (en ha)
<b>Prairies :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Foins	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Vigne :</b>	<input type="checkbox"/> Petites façons (taille et autres travaux manuels)	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Vendange/cueillette	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
	<input type="checkbox"/> Travail au chai	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		
	<input type="checkbox"/> Entretien espaces verts	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Maïs en grain ou pour ensilage :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Blé ou orge :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Pois fourragers ou féveroles :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Betteraves sucrières ou fourragères :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis ou plantation	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Tournesol :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Colza :</b>	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Semis	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<input type="checkbox"/> Moissons/Récoltes	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

Avez-vous travaillé dans les secteurs agricoles suivants ?	Avez-vous réalisé <b>vous-même</b> les tâches suivantes ? (vous pouvez cocher plusieurs tâches)	Année de début	Année de fin ou année en cours	Surface minimale (en ha)	Surface maximale (en ha)
<b>Tabac :</b>	<input type="checkbox"/> Semis ou plantation	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/> Cueillette/Récoltes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>Arboriculture (verger) :</b> Cocher le ou les arbres :	<input type="checkbox"/> Taille	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Aucun	<input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Pommiers	<input type="checkbox"/> Cueillette/Récoltes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Poiriers	<input type="checkbox"/> Autres tâches (préciser dans le cadre)	<input type="text"/>			
<input type="checkbox"/> Pruniers					
<input type="checkbox"/> Pêchers					
<input type="checkbox"/> Cerisiers					
<input type="checkbox"/> Autres					

Autres cultures	Année de début	Année de fin ou année en cours	Surface maximale cultivée	Quelles sont les principales tâches que vous avez réalisé <b>vous-même</b> ? (merci de préciser dans les cadres ci-dessous)
<b>Pommes de terre</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ha	<input type="checkbox"/> Traitements de semences à la ferme <input type="checkbox"/> Plantation <input type="checkbox"/> Traitements pesticides ou herbicides <input type="checkbox"/> Récoltes <input type="checkbox"/> Autres tâches
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui				
<b>Autres cultures légumières en plein champs</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ha	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui				
<b>Cultures sous serres ou en tunnels</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> m <sup>2</sup>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui				
<b>Autres (préciser dans le cadre)</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> ha ou m <sup>2</sup>	<input type="text"/>

**D. FONGICIDES OU INSECTICIDES OU HERBICIDES UTILISES DANS VOTRE VIE PROFESSIONNELLE**

**D1 - Avez-vous utilisé des fongicides ou des insecticides ou des herbicides dans votre vie professionnelle ?**  Non (passer au paragraphe F)  Oui

**D2 - Vous souvenez vous des noms de fongicides, herbicides ou insecticides utilisés dans votre vie professionnelle et sur quelles cultures ?**  Non  Oui  
 Si oui, merci de joindre une liste des produits employés (sur une feuille à part)

**D3 - Disposez-vous de tout ou partie de vos calendriers de traitement ?**  Non  Oui

**E. EQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE**

Lors de l'utilisation de fongicides, insecticides ou herbicides dans votre vie professionnelle, portez-vous (ou portiez-vous) le ou les équipements de protection suivants ?  Non  Oui (Si oui, merci de compléter le tableau ci-dessous)

	Des gants imperméables ?	Une combinaison jetable ou en Tyvek® ?	Un masque avec cartouche filtrante ?
Jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelquefois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A chaque utilisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Depuis quelle année ?	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Aux phases de préparation ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aux phases d'application ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors du nettoyage du pulvérisateur ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**F. MATERIEL UTILISE POUR LE TRAITEMENT DES CULTURES (vignes, vergers, serres, blé, maïs, colza, prairies, etc...)**

**F1.- Avez-vous utilisé du matériel de pulvérisation ?**  Non (Si non, passer en F2)  Oui  
 (en dehors du matériel utilisé pour le traitement de la cour, des talus et des haies qui est évoqué à la question F2)

**Si oui, merci de compléter le tableau ci-dessous :** Une ligne est réservée pour le pulvérisateur à dos. Pour les autres matériels, remplir une ligne différente à chaque fois qu'il s'agit d'un matériel différent. *Exemple : si vous avez utilisé un pulvérisateur porté avec une cuve de 1000 litres et un tracteur sans cabine de 1960 à 1980, cela sera le matériel 1, puis si vous avez utilisé le même pulvérisateur mais avec une cabine fermée de 1980 à 1990 cela sera le matériel 2 et enfin, si de 1990 à 2005 vous avez utilisé un pulvérisateur traîné avec une cabine fermée, cela sera le matériel 3. Si parallèlement vous avez utilisé un pulvérisateur à dos de 1980 à 2005, cela sera la ligne pulvérisateur à dos.*

Type de matériel	Volume de la cuve (en litres)	Cultures traitées avec ce matériel	1ère année d'utilisation	Dernière année d'utilisation	Nbre de jours d'utilisation par an	Nbre de cuves préparées par jour	Surface traitée par jour (en ha)	Nettoyage du matériel
<b>Avez-vous utilisé un pulvérisateur à dos ?</b> <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> litres	<input type="checkbox"/> Vignes <input type="checkbox"/> Vergers <input type="checkbox"/> Serres <input type="checkbox"/> Blé, maïs, colza, prairie, ...	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque type de traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation
<b>Matériel 1</b> <input type="checkbox"/> Cuve portée <input type="checkbox"/> Cuve traînée <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Tracteur interlignes <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) :	Volume <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>  Tracteur avec cabine ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Vignes <input type="checkbox"/> Vergers <input type="checkbox"/> Serres <input type="checkbox"/> Blé, maïs, colza, prairie, ...	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque type de traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation
<b>Matériel 2</b> <input type="checkbox"/> Cuve portée <input type="checkbox"/> Cuve traînée <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Tracteur interlignes <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) :	Volume <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>  Tracteur avec cabine ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Vignes <input type="checkbox"/> Vergers <input type="checkbox"/> Serres <input type="checkbox"/> Blé, maïs, colza, prairie, ...	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque type de traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation
<b>Matériel 3</b> <input type="checkbox"/> Cuve portée <input type="checkbox"/> Cuve traînée <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Tracteur interlignes <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) :	Volume <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>  Tracteur avec cabine ? <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Vignes <input type="checkbox"/> Vergers <input type="checkbox"/> Serres <input type="checkbox"/> Blé, maïs, colza, prairie, ...	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque type de traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation



## ANNEXE 5: QUESTIONNAIRE DE SUIVI AGRICAN

## QUESTIONNAIRE DE SUIVI n°1-AGRICAN

Le remplissage de ce questionnaire vous prendra environ 30 minutes.

**TRES IMPORTANT**  
CONSIGNES DE REMPLISSAGE DU QUESTIONNAIRE

A NE PAS FAIRE ☹	A FAIRE ☺
<p>Ne pas dépasser de la case <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p> <p>Ne pas cocher en dehors de la case <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p> <p>Ne pas écrire au feutre ou au crayon à papier <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p> <p>Ne pas rayer <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p> <p>Ne pas griser la case <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p> <p>Ne pas entourer <input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Réponse A</p>
<p>Ne pas écrire en lettres minuscules <i>Réponse</i> <input type="checkbox"/></p>	<p><b>R E P O N S E</b> Ecrire en majuscules (une lettre ou un chiffre par case)</p>

Merci d'écrire avec un **stylo à encre noire**  
De cocher les cases «non» ou «jamais» quand vous n'êtes pas concerné(e)  
De ne pas barrer les pages si vous n'êtes pas concerné(e)

### DONNEES GENERALES

Ce questionnaire est destiné à :

**1 Les informations ci-dessus correspondent-elles bien à votre identité ?**  Non  Oui

**Si non, merci de corriger en cas d'erreur (orthographe, changement de nom) :**

Nom (ou nom d'épouse) :

Prénoms :

Nom de jeune fille :

Sexe :  Homme  Femme

Date de naissance :  /  /  (JJ/MM/AAAA)

**2 A quelle date remplissez-vous ce questionnaire ?**

/  /  (JJ/MM/AAAA)

### HISTOIRE PROFESSIONNELLE

**3 Etes-vous à la retraite ?**  Non  Oui

**Si oui, 3.1** En quelle année avez-vous pris votre retraite ?

**Si vous avez pris votre retraite en 2005 ou avant, passer à la question 6 (page 2)**

**4 Depuis l'année 2006 à aujourd'hui, quel(s) emploi(s) avez-vous exercé(s) ?**

4.1 Exploitant(e) ou coexploitant(e)	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	De <input type="text"/>	à <input type="text"/>	
4.2 Conjoint(e) d'exploitant(e)	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	De <input type="text"/>	à <input type="text"/>	
4.3 Salarié(e) agricole sur une exploitation	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	De <input type="text"/>	à <input type="text"/>	
4.4 Salarié(e) autre, dépendant de la MSA	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	De <input type="text"/>	à <input type="text"/>	
4.5 Emploi dépendant d'un autre régime d'assurance maladie	<input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui	De <input type="text"/>	à <input type="text"/>	

**5 Avez-vous eu une interruption de travail supérieure à 1 mois depuis 2006** (arrêt de travail, longue maladie, chômage) ?  Non  Oui

**Si oui, 5.1** Combien de mois au total :  mois

### VOTRE TRAVAIL DANS LES ELEVAGES

**6 Au cours de votre vie professionnelle, avez-vous déjà personnellement réalisé des tâches agricoles dans au moins un des élevages cités ci-dessous (n'oubliez pas votre période d'apprentissage / aide familial) ?**  Non  Oui

**Si non, passer à la question 7 (page 3)**  
**Si oui, dans quel(s) élevage(s) avez-vous travaillé ?**

**Si vous n'avez pas travaillé dans l'élevage concerné, cocher la case « Jamais »**

**6.1 ABEILLES** (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.1.1** Combien avez-vous (ou avez-vous eu) de ruches au maximum sur une année ?

**6.2 AQUACULTURE** (conchyliculture, pisciculture) ?  Non  Oui  
**Si oui, 6.2.1** Pendant combien d'années ? (Merci de soustraire les années d'interruption)  
 Moins de 3 années  3-9 années  10-19 années  20-29 années  30 années ou plus  
**6.2.2** Préciser le type de secteur :  
 Pisciculture d'étangs  Pisciculture de repeuplement  Polyculture en eaux saumâtres  
 Conchyliculture (huîtres, moules, palourdes, autres coquillages)  Autre :

**6.3 BOVINS**  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus

**6.4 CHEVAUX** (hors chevaux pour votre loisir)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.4.1** Avez-vous déjà eu plus de 5 chevaux sur une année ?  
 Non  Oui

**6.5 CHEVRES** (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.5.1** Avez-vous déjà eu plus de 10 chèvres sur une année ?  
 Non  Oui

**6.6 GIBIERS** (chevreuils, daims, faisans, lièvres, perdrix, sangliers...) (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus

**6.7 LAPINS** (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.7.1** Avez-vous déjà eu plus de 20 clapiers en élevage traditionnel sur une année ?  
 Non  Oui  
**6.7.2** Avez-vous déjà eu plus de 50 cages mères en élevage intensif sur une année ?  
 Non  Oui

**6.8 MOUTONS/BREBIS** (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.8.1** Avez-vous déjà eu plus de 50 moutons/brebis sur une année ?  
 Non  Oui

**6.9 PORCS** (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.9.1** Avez-vous déjà eu plus de 10 truies sur une année ?  
 Non  Oui  
**6.9.2** Avez-vous déjà eu plus de 100 places d'engraissement sur une année ?  
 Non  Oui

**6.10 VOLAILLES** (poules pondeuses, poules, dindes, canards, oies, pintades, cailles, pigeons) (hors production personnelle)  Jamais  Moins de 3 années  3 années ou plus  
**Si plus de 3 années, 6.10.1** Avez-vous déjà eu plus de 50 volailles sur une année ?  
 Non  Oui

**6.11 AUTRES ELEVAGES**  Non  Oui

**Si oui, 6.11.1** Préciser le type d'élevage :











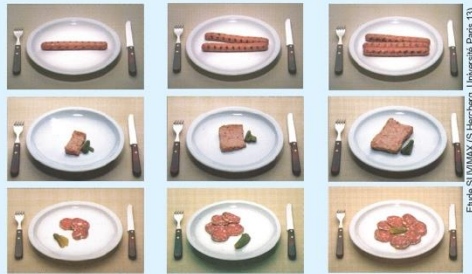
ALIMENTATION

62. Y a-t-il eu des changements importants dans votre alimentation depuis les 12 derniers mois ?  
 Non  Oui

63. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous consommé de la charcuterie (pâté, rillettes, boudin, saucisse, saucisson) ? Ne comptez pas le jambon.

- ou  Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 64  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours, préciser : →  1 fois / jour  Plusieurs fois / jour

63.1 Lorsque vous mangez de la charcuterie hors jambon, en quelle quantité en mangez-vous ? (Cocher la case correspondante, un seul choix possible)



Moins que la portion 1  Portion 1  Portion 2  Portion 3  Plus que la portion 3

64. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous consommé de la viande (bœuf, porc, veau, mouton) ?

- ou  Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 65  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours, préciser : →  1 fois / jour  Plusieurs fois / jour

64.1 Lorsque vous mangez de la viande, en quelle quantité en mangez-vous ? (Cocher la case correspondante, un seul choix possible)



Moins que la portion 1  Portion 1 (80 g)  Portion 2 (130g)  Portion 3 (200g)  Plus que la portion 3

65. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous consommé des légumes crus ou cuits (légumes frais, surgelés, en conserve) ?

- Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 66 (page 12)  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours, préciser : →  1 fois / jour  Plusieurs fois / jour

65.1 Lorsque vous mangez des légumes, en quelle quantité en mangez-vous ? (Cocher la case correspondante, un seul choix possible)



Moins que la portion 1  Portion 1 (100 g)  Portion 2 (175g)  Portion 3 (250g)  Plus que la portion 3



ALIMENTATION (suite)

66. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous consommé des fruits crus ou cuits (frais, surgelés, au sirop, en compote, en salade) ?

Attention : ne comptez pas les fruits secs (amandes, noix, noisettes, pruneaux, abricots secs...) ni les jus de fruits.

- Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 67  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours, préciser : →  1 fois / jour  Plusieurs fois / jour

67. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous consommé des jus de fruits (fruits frais pressés ou 100% pur jus du commerce sans sucres ajoutés) ?

- Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 68  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours, préciser : →  1 fois / jour  Plusieurs fois / jour

67.1 Les jours où vous buvez des jus de fruits, combien de verre(s) standard(s) (25cl) buvez-vous par jour ?  
 1 verre  2 verres  3 verres  4 verres  5 verres  Plus de 5 verres

68. Durant les 12 derniers mois, avez-vous consommé au moins une fois des boissons alcoolisées (bière, vin, apéritif, digestif, cidre, poiré) ?

Non  Oui

Si non, passer à la question 73 (page 13)

69. Durant les 12 derniers mois, avez-vous bu de la bière ?  Non  Oui

Si non, passer à la question 70.

Si oui, 69.1 Pendant combien de jours avez-vous bu de la bière l'été dernier ?

- Jamais ou moins d'1 jour par mois  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours

69.2 Pendant combien de jours avez-vous bu de la bière pendant le reste de l'année ?

- Jamais ou moins d'1 jour par mois  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours



Demi de bière 5° 25 cl

69.3 Les jours où vous buvez de la bière, combien de verre(s) standard(s) (25cl) buvez-vous par jour ?  
 1 verre  2 verres  3 verres  4 verres  5 verres  Plus de 5 verres

70. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous bu du vin ?

- Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la question 71 (page 13)  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 ou  Tous les jours



Ballon de vin 12° 10 cl

70.1 Les jours où vous buvez du vin, combien de verre(s) standard(s) (10cl) buvez-vous par jour ?  
 1 verre  2 verres  3 verres  4 verres  5 verres  Plus de 5 verres



**ALIMENTATION (suite)**

**71. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous bu un apéritif ou un digestif ?**

Verre de ou  Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la **question 72**  
 pastis 45° 3 cl ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 Verre de ou  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 whisky 40° 3 cl  Tous les jours

**71.1** Les jours où vous buvez un apéritif ou un digestif, combien de verre(s) standard(s) buvez-vous par jour ?  
 1 verre  2 verres  3 verres  4 verres  5 verres  Plus de 5 verres

**72. Durant les 12 derniers mois, pendant combien de jours avez-vous bu du cidre/poiré ?**

ou  Jamais ou moins d'1 jour par mois, passer à la **question 73**  
 ou  1 à 3 jours par mois, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours / mois  
 ou  1 jour ou plus par semaine, préciser : →  1 jour  2 jours  3 jours  
 4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 Tous les jours

**72.1** Les jours où vous buvez du cidre/poiré, combien de verre(s) standard(s) buvez-vous par jour ?  
 1 verre  2 verres  3 verres  4 verres  5 verres  Plus de 5 verres

**TABAGISME**

**Cigarettes**

**73. Avez-vous déjà fumé au moins 100 cigarettes au cours de votre vie ?**  
 Non  Oui

**Si non, passer à la question 74**

**Si oui, 73.1** A quel âge avez-vous commencé à fumer ?  ans

**73.2** En moyenne pendant toute la période où vous avez fumé, combien avez-vous fumé de cigarette(s) par jour et/ou de paquet(s) de tabac ?  
 et / ou  cigarette(s) par jour (1 paquet de cigarettes = 20 cigarettes)  
 paquet(s) de tabac à rouler par semaine

**73.3** Fumez-vous actuellement (pendant ce dernier mois) ?  
 Non  Oui

**Si non, 73.3.1** A quel âge avez-vous arrêté de fumer ?  ans

**73.4** Pendant votre période de tabagisme, avez-vous déjà arrêté de fumer pendant au moins un an ?  
 Non  Oui

**Si oui, 73.4.1** Nombre d'année(s) d'interruption ?  années

**Autres types de tabac**

**74. Avez-vous déjà consommé d'autres types de tabac que des cigarettes (cigares, cigarillos, pipes, tabac à mâcher/chiquer ou à priser/sniffer) pendant au moins 1 an ?**  
 Non  Oui

**Si oui, 74.1** Quel(s) type(s) de tabac avez-vous déjà consommé(s) ?

Cigares : → j'ai fumé  cigare(s) par semaine pendant  ans

Cigarillos : → j'ai fumé  cigarillo(s) par jour pendant  ans

Pipes : → j'ai fumé  pipe(s) par jour pendant  ans

Tabac à mâcher/chiquer

Tabac à priser/sniffer

**TABAGISME (suite)**

**Cigarette électronique**

**75. Avez-vous déjà utilisé une cigarette électronique ?**  
 Non  Oui

**Si oui, 75.1** En quelle année l'avez-vous utilisée pour la première fois ?  2  0

**75.2** A quelle fréquence l'utilisez-vous (ou l'utilisiez-vous) ?  
 Moins d'un jour par semaine  
 Au moins un jour par semaine  
 →  1 jour  2 jours  3 jours  4 jours  5 jours  6 jours / semaine  
 Tous les jours →  1 fois  2 fois  3 fois ou plus

**EXPOSITION A LA FUMÉE**

**76. Quand vous étiez enfant, l'un de vos parents (ou un autre membre de votre foyer) fumait-il ?**  
 Non  Oui

**Si oui, 76.1** Fumait-il à l'intérieur du domicile ?  
 Non  Oui

**77. A l'âge adulte, avez-vous déjà vécu avec un(e) ou plusieurs fumeurs(es) ?**  
 Non  Oui

**Si oui, 77.1** Fume-t-il (elle) (ou fumait-il (elle)) à l'intérieur du domicile ?  
 Non  Oui

**Si oui, 77.1.1** Depuis combien d'années (ou pendant combien d'années) êtes-vous (ou avez-vous été) exposé(e) ?  années

**78. Au cours de votre vie, avez-vous déjà utilisé une cheminée à foyer ouvert à bois ou un poêle à bois ou à charbon pour le chauffage ou la cuisine ?**  
 Non  Oui

**Si oui, Le(s)quel(s) avez-vous déjà utilisé(s) et pendant combien d'années ?**

**78.1** Cheminée à bois à foyer ouvert :  
 Jamais  Moins de 10 années  10-19 années  20-29 années  30 années ou plus

**78.2** Poêle à bois :  
 Jamais  Moins de 10 années  10-19 années  20-29 années  30 années ou plus

**78.3** Poêle à charbon :  
 Jamais  Moins de 10 années  10-19 années  20-29 années  30 années ou plus

**PARTIE A NE REMPLIR QUE PAR LES FEMMES**

**Si vous êtes un homme, passer à la question 92 (page 16)**

**Cycle hormonal**

**79. Actuellement, êtes-vous ?** (1 seule réponse possible)  
 Enceinte → **Passer à la question 83**  
 Non ménopausée → **Passer à la question 80**  
 Ménopausée (arrêt naturel des règles depuis au moins 1 an) → **Passer à la question 81**  
 Arrêt des règles pour d'autres raisons (chirurgie, radiothérapie, chimiothérapie ou autre problème de santé)  
 Précisez la raison :  → **Passer à la question 83**

**80. Actuellement, êtes-vous sous contraception hormonale ?**  
 Non  Oui

**Si oui, passer à la question 83.1**

**Si non, 80.1** Vos cycles (= période entre le 1er jour des règles et le 1er jour des suivantes) sont :  
 Réguliers →  24 jours ou moins  Entre 25 et 31 jours  32 jours ou plus  
 Irréguliers

**Passer à la question 83**

**PARTIE A NE REMPLIR QUE PAR LES FEMMES (suite)**

**Cycle hormonal (suite)**

**81. A quel âge vous a-t-on dit que vous étiez ménopausée?**   ans  
(Si vous ne savez pas précisément, donner un âge approximatif)

**82. Avez-vous déjà pris un traitement hormonal au moment de la ménopause** afin de traiter les bouffées de chaleur, les troubles du sommeil, les troubles de l'humeur, les troubles urinaires... (comprimé, patch, crème, gel) ?  Non  Oui

**Si oui, 82.1** Pendant combien d'années au total ? (Merci de soustraire les années d'interruption)  
 Moins d'1 année  1-4 années  5-9 années  10-14 années  15 années ou plus

**82.2** Actuellement, êtes-vous sous traitement hormonal de la ménopause ?  Non  Oui

**83. Avez-vous déjà été sous contraception hormonale** (pilule, patch, implant, anneau vaginal, stérilet hormonal) ?  Non  Oui

**Si oui, 83.1** Pendant combien d'années au total avez-vous été sous contraception hormonale ? (Merci de soustraire les années d'interruption)  
 Moins de 10 années  10-19 années  20-29 années  30 années ou plus

**84. Avez-vous déjà pris un (d') autre(s) traitement(s) hormonal(aux)** (hors maladie de la thyroïde) ?  Non  Oui

**Si oui, 84.1** Préciser pour quel(s) problème(s) de santé :  
 Problème d'infertilité / stérilité  Autre, préciser :

**Grossesse**

**85. Avez-vous déjà été enceinte ?**  
 Non, mais j'ai déjà essayé pendant plus d'un an de tomber enceinte sans y arriver, passer à **la question 86**  
 Non et je n'ai jamais essayé de tomber enceinte ou je n'ai jamais essayé plus d'un an, passer à **la question 86**  
 Oui

**Si oui, 85.1** Quelle est l'année de fin de votre dernière grossesse (y compris fausse-couche, grossesse extra-utérine, interruption de grossesse) ?

**85.2** Combien de fois avez-vous été enceinte ?  
 1  2  3  4  5  Plus de 5 → combien ?

**85.3** Combien de grossesses se sont terminées par la naissance d'un ou plusieurs enfant(s) (vivant ou mort-né) ?  
 1  2  3  4  5  Plus de 5 → combien ?

**85.4** A quel âge avez-vous accouché pour la première fois (d'un enfant vivant ou mort-né) ?  
 ans

**85.5** Combien avez-vous eu d'enfants (biologiques) ?  
 Aucun → **Passer à la question 86**  
 1  2  3  4  5  Plus de 5 → combien ?

**85.6** Avez-vous déjà allaité ?  Non  Oui

**Si oui, 85.6.1** Au total, combien de mois a duré l'ensemble de vos allaitements (y compris allaitement en cours) ?  
 Moins d'un mois  De 1 à 3 mois  De 4 à 6 mois  De 7 à 12 mois  Plus de 12 mois

**85.6.2** Allaitiez-vous actuellement ?  Non  Oui

**PARTIE A NE REMPLIR QUE PAR LES FEMMES (suite)**

**Maladies bénignes**

**86. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu une (des) maladie(s) bénigne(s) du sein suivante(s) : adénome, fibro-adénome, maladie fibro-kystique, maladie de Reclus ou mastose ?**  Non  Oui

**Si oui, 86.1** Le (ou les) diagnostic(s) ont-ils été fait(s) par :  
 Biopsie (micro ou macrobiopsie)  Chirurgie  Ponction  Autre  Ne sait pas

**86.2** Quel âge aviez-vous au moment du premier diagnostic ?   ans

**87. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu une autre maladie bénigne du sein ?**  Non  Oui

**88. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu une (des) maladie(s) bénigne(s) de l'utérus suivante(s) : polype utérin ou fibrome utérin ?**  Non  Oui

**Si oui, 88.1** Le (ou les) diagnostic(s) ont-ils été fait(s) par :  
 Biopsie de l'endomètre  Chirurgie (hystérectomie ou hystérectomie)  Autre  Ne sait pas

**88.2** Quel âge aviez-vous au moment du premier diagnostic ?   ans

**89. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu une autre maladie bénigne de l'utérus ?**  Non  Oui

**90. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu une endométriose ?**  Non  Oui

**Si oui, 90.1** Le diagnostic a-t-il été fait par :  
 Chirurgie  IRM  Echographie  Autre  Ne sait pas

**90.2** Quel âge aviez-vous au moment du diagnostic ?  
 Moins de 20 ans  20-29 ans  30-39 ans  40-49 ans  50-59 ans  60 ans ou plus

**91. Un médecin vous a-t-il déjà dit que vous aviez eu un (des) kyste(s) de l'ovaire ?**  Non  Oui

**Si oui, 91.1** Un de ces kystes a-t-il été persistant (présent plus de 6 mois) ?  
 Non  Oui  Ne sait pas

**INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES**

**92. Quelle est votre situation de famille actuelle ?**  
 Célibataire  Marié(e) ou en couple  Divorcé(e) ou séparé(e)  Veuf(ve)

**93. Ce questionnaire a-t-il été rempli :**  Par vous seul(e)  Avec de l'aide  Par une autre personne

**94. Quelles sont vos coordonnées ?**  
 Téléphone fixe :                       
 Téléphone portable :                       
 Adresse internet :

**95. Acceptez-vous que vos données de santé** (exemples : délivrances de médicaments, consultations de spécialistes, hospitalisations, affection longue durée, maladie professionnelle), **provenant d'autres bases de santé** (MSA, hôpitaux) **soient transmises à notre équipe de recherche ?**  
 Les données transmises seront traitées confidentiellement, uniquement par les membres de notre équipe de recherche et analysées de manière entièrement anonyme. Conformément à la législation, elles ne seront en aucun cas transmises à d'autres organismes.  Non  Oui

**Avez-vous des remarques/commentaires/suggestions ?**

**Merci d'avoir répondu à ce questionnaire, vous pouvez dès à présent nous le retourner à l'aide de l'enveloppe T jointe.**

**ANNEXE 6: TERMES RETENUS A LA QUESTION Q7.15.1 DU QUESTIONNAIRE DE SUIVI**

Horticulture	Pépinière	Espaces verts	
MUGUET MUGUET — MACHE MUGUET — SALADE MUGUET MACHE MUGUET-POIREAUX-NAVET CULTURE DU MUGUET MUGUETS FLEURISTE-HORTICULTURE VEGETAUX — FLEURISTES PRODUCTION FLEURS TULIPE PLEIN CHAMP TULIPES AILS - OIGNON - TULIPE — NARCISSE - GLAIEUL CHRYSANTHEME CHRYSANTHEME — PLANTS MASSIF - LEGUMES CHRYSANTHEMES PRODUCTION FLORAL FLEURS — GERANIUM FLEURS COUPEES-MASSIF FLORALE — CHRYSANTHEME FLORICULTURE cultures florales FLEUR LEGUMES FRUITS FLEURS FLEURS COUPEES FLEURS SECHEES HORTICULTEUR — FLEURISTE HORTICOLE FLEURS HORTICULTURE FLEUR	LEGUMES — FLEURS LYS TULIPR HORTICULTURE — CALLUNA GERANIUM FLORALES — PEPINIERE GERBERA — HORTICULTURE GERBERAS GERBERAS — CONCOMBRE MARCHE FLEURS ROSE ROSERAIE ROSERAIES ROSIER ROSIER — TABAC ROSIERISTE ROSIERS ROSIERS ARBUSTES ROSIERS EN SERRES ROSIERS PEPINIERE HORTICULTUREHORTICULTURE HORTICOLE HORTICULTEUR HORTICULTEUR 1960 A 1992 HORTICULTURE MARAICHAGE-HORTICULTURE MARAICHER — HORTICULTURE MARAICHER — PLANTS PLANTES — HORTICOLE PLANTES ORNEMENTALES horticulture plantes ornementales ORNEMENTALE	PEPI — ARBRES NON FRUITS PEPINIERE PEPINIERE — POUSSE PLANTE - ELEVAGE - VENTE PEPINIERE GENERALE PEPINIERE HARBORICOLE PEPINIERE RENAUDET PEPINIERES PEPINIERISTE PLANTES VIVACES PLANTS DE PEUPLIER PEPINIERISTE — PAYSAGISTE PEPINIERE ORNEMENTALE arbre d'ornement ARBRES D ORNEMENT ARBRES ARBUSTES ARBUSTE D ORNEMENT PEPI — ARBRES NON FRUITS PEPINIERE PEPINIERE — POUSSE PLANTE - ELEVAGE - VENTE	PARC — JARDIN - CREATION - ENTRETIEN PARC ORNEMENTALE PARCS PAYSAGE PAYSAGE — ENTRETIEN PAYSAGE-TRUFFICULTURE PAYSAGISTE PAYSAGISTE JARDINIER PELOUSE ENTRETIEN GOLF GAZON GOLF GOLF ENTRETIEN ENTRETIEN PARC ET JARDIN ESPACES VERTS JARDINIER JARDINIER PAYSAGISTE JARDINS — PAYSAGISTE JARDINS ESPACES VERT SEMENCE GAZON SEMIS DE GAZONS GAZON GAZON DE PLACAGE GAZONS GRAMINEES SEMENCES GRAMINEF SEMENCE

## ANNEXE 7: EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES - COMPARAISON ENTRE LES SUJETS INCLUS ET EXCLUS (AGRICAN)

**ANNEXE 7 - TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES TRAVAILLEURS INCLUS ET EXCLUS**  
DANS LES ANALYSES SUR LES EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES – AGRICAN

	Individus inclus N=4461 (%)	Individus exclus N=1786 (%)
<b>Genre (n=6247)<sup>a</sup></b>		
Homme	3783 (84,8)	1350 (75,6)
Femme	678 (15,2)	436 (24,4)
<b>Âge médian (EIQ<sup>b</sup>) (n=6247)</b>	51,51 (16,24)	54,87 (15,62)
<b>Retraité à l'inclusion (n=6247)</b>		
Oui	887 (19,9)	468 (26,2)
Non	3574 (80,1)	1318 (73,8)
<b>Statut professionnel (n=6247)</b>		
Travailleur indépendant	1912 (42,9)	849 (47,5)
Salarié	2549 (57,1)	937 (52,5)
<b>Niveau de formation (n=6247)</b>		
Élémentaire	1155 (26,4)	552 (32,3)
Secondaire	2723 (62,3)	920 (53,9)
Supérieur	493 (11,3)	235 (13,8)
<b>Statut matrimonial (n=6090)</b>		
Célibataire	857 (19,7)	251 (14,5)
Divorcé(e) ou séparé(e)	262 (6,0)	122 (7,1)
Marié(e) ou vie maritale	3037 (69,6)	1231 (71,2)
Veuf (ve)	205 (4,7)	125 (7,2)
<b>Département (n=6247)</b>		
Bas-Rhin	457 (10,2)	164 (9,2)
Cote-d'Or	197 (4,4)	90 (5,0)
Doubs	183 (4,1)	96 (5,4)
Gironde	685 (15,4)	281 (15,7)
Haut-Rhin	376 (8,4)	129 (7,2)
Isere	484 (10,8)	156 (8,7)
Loire-Atlantique	904 (20,3)	353 (19,8)
Manche	311 (7,0)	147 (8,2)
Somme	185 (4,1)	92 (5,2)
Tarn	185 (4,1)	77 (4,3)
Vendée	494 (11,1)	201 (11,3)
<b>Résidence sur exploitation agricole durant l'enfance (n=5837)</b>		
Oui	1724 (40,8)	798 (49,4)
Non	2505 (59,2)	819 (50,6)
<b>Activité agricole (n=1740)</b>	1282 (79,9)	106 (77,9)
Elevage (n=4286)	1135 (35,7)	642 (58,0)
Culture (n=5249)	2445 (62,5)	1041 (77,9)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> Écart interquartile

**ANNEXE 7 - TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DE SANTE DES TRAVAILLEURS INCLUS ET EXCLUS DANS LES ANALYSES SUR LES EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES – AGRICAN**

	Individus inclus N=1684 (%)	Individus exclus N=157 (%)
<b>Indice de Masse Corporelle (kg, m<sup>-2</sup>) (n=5743) <sup>a</sup></b>		
< 18,5	43 (1,0)	18 (1,1)
[18,5-25[	2007 (48,2)	716 (45,7)
[25-30[	1633 (39,2)	619 (39,5)
> 30	484 (11,6)	214 (13,7)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> Écart interquartile

**ANNEXE 7 - TABLEAU 3 : HABITUDES DE VIE DES TRAVAILLEURS INCLUS ET EXCLUS DANS LES ANALYSES SUR LES EXPOSITIONS AUX PYRETHRINOÏDES – AGRICAN**

	Individus inclus N=4461 (%)	Individus exclus N=1786 (%)
<b>Statut tabagique (n=6066) <sup>a</sup></b>		
Non-fumeur	1933 (44,3)	813 (47,7)
Ancien fumeur	1494 (34,3)	585 (34,3)
Fumeur	934 (21,4)	307 (18,0)
<b>Consommation d'alcool (n=16024) <sup>b</sup></b>		
Jamais	534 (12,3)	257 (15,3)
Rare	716 (16,5)	289 (17,2)
Modérée	1586 (36,5)	555 (33,1)
Régulière	1509 (34,7)	578 (34,4)

<sup>a</sup> Nombre d'individus pour qui l'information était disponible

<sup>b</sup> rare = moins de 3 fois par mois; modérée = entre 3 fois par mois à 2/3 fois par semaine; régulière = entre 4 à 7 fois par semaine

**ANNEXE 8: GUIDE DES ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS – PESTEXPO**



## GUIDE DES ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

### A. Histoire de l'activité et description de la structure/entreprise

**1. Dans quel type de structure exercez-vous ?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Collectivité<br><input type="checkbox"/> Service espaces verts<br><input type="checkbox"/> Service équipements sportifs<br><input type="checkbox"/> Serre municipale | <input type="checkbox"/> Exploitation agricole :<br><input type="checkbox"/> Horticole<br><input type="checkbox"/> Pépinière<br><input type="checkbox"/> Les deux                             |
| <input type="checkbox"/> Golfs<br><input type="checkbox"/> Privé<br><input type="checkbox"/> Privé associatif<br><input type="checkbox"/> Municipal   | <input type="checkbox"/> Entreprise privée<br><input type="checkbox"/> Jardinier/paysagiste<br><input type="checkbox"/> Terrains de sport<br><input type="checkbox"/> Autre, préciser : ..... |
| <input type="checkbox"/> Autre, préciser : .....  |   |

**2. Adresse de l'entreprise :**

.....  
.....

**3. Pouvez-vous nous présenter brièvement votre structure et votre activité ?**

*Historique, fondateur, ancienneté au poste, ancienneté de l'entreprise  
Si exploitation agricole: nombre d'hectare et description des cultures  
Si terrains de sport ou golf : nombre de terrains au total et description, nombre d'hectare*

.....  
.....  
.....  
.....

**4. Combien y-a-t-il d'employés dans l'entreprise ? ..... employés**

**5. Combien il y a-t-il de personnes réalisant des traitements pesticides ? .....**  
*Préciser que pesticide = insecticides, fongicides et herbicides*

**6. Au sein de cette entreprise, êtes-vous actuellement**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Gérant<br><input type="checkbox"/> Autoentrepreneur<br><input type="checkbox"/> Chef d'équipe | <input type="checkbox"/> Salarié<br><input type="checkbox"/> Autre, Précisez<br>..... |
|--|---|

**7. Précisez votre fonction :**

.....

**8. Depuis combien d'années occupez-vous ces fonctions ? ..... ans**

## B. Taches effectuées / Environnement de travail

### 1. Espaces verts (extérieurs)

Sur quels types d'espaces verts travaillez-vous?	Quelles sont les principales tâches réalisées par vous-même ou vos employés ?	Année de début	Année de fin	Fréquence
<input type="checkbox"/> Espaces communaux (cimetières, rues, parcs publics, trottoirs...) <input type="checkbox"/> Jardins de particulier et résidences <input type="checkbox"/> Voies ferrées et voirie <input type="checkbox"/> Golfs <input type="checkbox"/> Terrains de sport <input type="checkbox"/> Zones spécifiques (hippodrome, aéroport, parc de matériel...)	<input type="checkbox"/> Création et aménagement d'espaces verts			
	<input type="checkbox"/> Plantations			
	<input type="checkbox"/> Tonte et/ou débroussaillage			
	<input type="checkbox"/> Élagage, taille ou abattage d'arbres d'ornement			
	<input type="checkbox"/> Réalisation de greffons, greffage	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
	<input type="checkbox"/> Petites maçonneries			
	<input type="checkbox"/> Broyage des branches			
	<input type="checkbox"/> Brûlage des déchets verts			
<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	
<input type="checkbox"/> Traitement avec produits de biocontrôle* et/ou autorisés en agriculture biologique	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	
<input type="checkbox"/> Nettoyage de toits avec anti-mousse	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	
<input type="checkbox"/> Entretien de fleurs en extérieur	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	
<input type="checkbox"/> Désherbage thermique	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	

1.1. Autres tâches non listées dans le tableau :

\* **Produits de biocontrôle** : « agents et produits utilisant des **mécanismes naturels** dans le cadre de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures. Ils comprennent en particulier : les **macro-organismes** et les produits phytopharmaceutiques comprenant des **micro-organismes**, des **médiateurs chimiques** comme les **phéromones** et les **kairomones** et des **substances naturelles d'origine végétale, animale ou minérale**. » (article L. 253-6 modifié)

### 2. Horticulture ou pépinière d'ornement

Sur quels types d'espaces verts avez-vous travaillé dans ce secteur ?	Quelles sont les principales tâches que vous avez réalisées vous-mêmes ?	Année de début	Année de fin	Fréquence
<input type="checkbox"/> Exploitation privée <input type="checkbox"/> Serre publique, municipale	<input type="checkbox"/> Production florale			
	<input type="checkbox"/> Production légumière ou fruitière			
	<input type="checkbox"/> Production d'arbres/arbustes d'ornement	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
	<input type="checkbox"/> Préparation du sol			
	<input type="checkbox"/> Désherbage thermique			
	<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides <u>en extérieur</u>	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
	<input type="checkbox"/> Traitement avec herbicides, fongicides, insecticides <u>sous serre</u>	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
	<input type="checkbox"/> Traitement avec produits de biocontrôle* et/ou autorisés en agriculture biologique	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
	<input type="checkbox"/> Entretien des plantes en <u>intérieur</u> (taille, bouturage, greffage)			
	<input type="checkbox"/> Entretien des plantes en <u>extérieur</u> (taille, bouturage, greffage)	_ _ _	_ _ _	__ fois / an
<input type="checkbox"/> Prélèvement des végétaux prêts à la vente	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	
<input type="checkbox"/> Désherbage chimique (herbicide) en extérieur	_ _ _	_ _ _	__ fois / an	

2.1. Autres tâches non listées dans le tableau :

### C. Traitements

1. Dans votre activité professionnelle, utilisez-vous (ou avez-vous utilisé) des pesticides de synthèse :
  - Fongicides
  - Insecticides
  - Herbicides
  
2. Si oui, pouvez-vous préciser depuis quand ?
  - Année de début : .....
  - Année de fin : .....
3. Possédez-vous des calendriers de traitement ?  Oui  Non
4. Si oui, depuis combien de temps ? .....
5. Si oui, accepteriez-vous de nous les transmettre ?  Oui  Non
  
6. Pouvez-vous nous dire les produits que vous utilisez (ou avez utilisé) ?  
*Nom commercial et/ou substance active*  
.....  
.....  
.....  
.....
  
7. Utilisez-vous des produits de biocontrôle ?  Oui  Non
8. Si oui, pouvez-vous nous préciser lesquels vous utilisez ?  
*Nom commercial et/ou substance active*  
.....  
.....  
.....  
.....
  
9. Utilisez-vous des produits autorisés en agriculture biologique ?  Oui  Non
10. Si oui, pouvez-vous nous préciser lesquels vous utilisez ?  
*Nom commercial et/ou substance active*  
.....  
.....  
.....  
.....
  
11. Transportez-vous des produits dans votre véhicule personnel ? (Ou véhicule de fonction) ?  Oui  Non
  
12. Où s'effectue le stockage des produits ?.....

## D. Matériel d'application

	Type de matériel	Volume de la cuve (en litres)	Cultures traitées	Environnement	1ère année d'utilisation	Dernière année d'utilisation	Nbre de jours d'utilisation par an	Nettoyage du matériel
<b>Matériel 1</b>	<input type="checkbox"/> Pulvérisateur à gâchette <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à dos <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à poignée <input type="checkbox"/> Pulvérisateur sur chariot <input type="checkbox"/> Cuve portée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve portée avec rampe <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec rampe <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Tracteur interligne <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) : _____	_ _  litres	<input type="checkbox"/> Gazon <input type="checkbox"/> Arbres / arbustes <input type="checkbox"/> Fleurs <input type="checkbox"/> Cours, allées, bords de route, chemins de fers <input type="checkbox"/> Autre, préciser : _____	<input type="checkbox"/> En extérieur <input type="checkbox"/> Sous serre	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _  par an	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation
<b>Matériel 2</b>	<input type="checkbox"/> Pulvérisateur à gâchette <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à dos <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à poignée <input type="checkbox"/> Pulvérisateur sur chariot <input type="checkbox"/> Cuve portée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve portée avec rampe <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec rampe <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Tracteur interligne <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) : _____	_ _  litres	<input type="checkbox"/> Gazon <input type="checkbox"/> Arbres / arbustes <input type="checkbox"/> Fleurs <input type="checkbox"/> Cours, allées, bords de route, chemins de fers	<input type="checkbox"/> En extérieur <input type="checkbox"/> Sous serre	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _  par an	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation
<b>Matériel 3</b>	<input type="checkbox"/> Pulvérisateur à gâchette <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à dos <input type="checkbox"/> Pulvérisateur à poignée <input type="checkbox"/> Pulvérisateur sur chariot <input type="checkbox"/> Cuve portée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve portée avec rampe <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec lance <input type="checkbox"/> Cuve traînée avec rampe <input type="checkbox"/> Atomiseur <input type="checkbox"/> Tracteur interligne <input type="checkbox"/> Tracteur enjambeur ou automoteur <input type="checkbox"/> Autre (préciser ci-dessous) : _____	_ _  litres	<input type="checkbox"/> Gazon <input type="checkbox"/> Arbres / arbustes <input type="checkbox"/> Fleurs <input type="checkbox"/> Cours, allées, bords de route, chemins de fers	<input type="checkbox"/> En extérieur <input type="checkbox"/> Sous serre	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _  par an	<input type="checkbox"/> Jamais <input type="checkbox"/> 1 fois par an <input type="checkbox"/> Après chaque traitement <input type="checkbox"/> Après chaque utilisation

### E. Équipement de protection individuelle

1. Lors de vos utilisations de fongicides, insecticides ou herbicides dans votre vie professionnelle, portez-vous (ou portiez-vous- le ou les équipements de protection suivants ?

	Des gants imperméables	Une combinaison jetable ou en Tyvek ?	Un masque avec cartouche filtrante	Lunettes de protection	Bottes en caoutchouc
<b>Fréquence d'utilisation des équipements de protection individuelle :</b>					
Jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelque fois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A chaque utilisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Depuis quelle année ?	_ _ _	_ _ _	_ _ _	_ _ _	_ _ _
Aux phases de préparation ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aux phases d'application ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors du nettoyage du pulvérisateur ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors du travail en contact avec les plantes ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Fréquence de changement des équipements ?</b>					
Moins d'une fois par an	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aux premiers signes d'usure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tous les mois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plus de 2 fois par mois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A chaque utilisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Lors de vos utilisations de produits de biocontrôle dans votre vie professionnelle, portez-vous (ou portiez-vous- le ou les équipements de protection suivants ?

	Des gants imperméables	Une combinaison jetable ou en Tyvek ?	Un masque avec cartouche filtrante	Lunettes de protection	Bottes en caoutchouc
<b>Fréquence d'utilisation des équipements de protection individuelle :</b>					
Jamais	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Quelque fois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A chaque utilisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Depuis quelle année ?	_ _ _	_ _ _	_ _ _	_ _ _	_ _ _
Aux phases de préparation ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aux phases d'application ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors du nettoyage du pulvérisateur ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lors du travail en contact avec les plantes ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Fréquence de changement des équipements ?</b>					
Moins d'une fois par an	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aux premiers signes d'usure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tous les mois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plus de 2 fois par mois	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A chaque utilisation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**F. Ressenti vis-à-vis de l'utilisation des pesticides**

1. Avez-vous des inquiétudes au sujet de l'utilisation des pesticides ?  Oui  Non  
Si oui, lesquels ?  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....
2. Avez-vous eu connaissance de la loi Labbé ?  Oui  Non  
Si oui, que savez-vous à propos de cette loi ?  
.....  
.....  
.....  
  
Si oui, a-t-elle eu un impact sur votre activité professionnelle ?  Oui  Non  
*Demander d'élaborer (changement de pratique, de produits, de matériel etc.):*  
.....  
.....  
.....  
.....
3. Depuis la mise en application de la loi Labbé, avez-vous effectué (ou fait effectuer) des traitements sur dérogation de la préfecture ?  Oui  Non  
Si oui, sur quelles cibles (ravageurs, agents pathogènes) ?  
.....  
.....  
.....
4. Accepteriez que l'on fasse des mesures d'exposition cutanée à l'aide des patchs et d'exposition respiratoire à l'aide d'une pompe et des filtres) sur votre lieu de travail ?  Oui  Non

**G. Caractéristiques sociodémographiques**

1. Nom Prénom .....
2. Numéro de téléphone : .....
3. Adresse mail .....
4. Date de naissance : .../.../.....
5. Genre : Masculin  Féminin  Autre
6. De quelle nationalité êtes-vous ? .....
7. Quel est votre niveau d'étude ? .....
8. Quel est votre Niveau de formation dans le domaine des espaces verts ? .....
9. Avez-vous le Certiphyto ?  Oui  Non  
Si oui, en quelle année l'avez-vous obtenu ? |\_|\_|\_|\_|
10. Combien d'employés ont-ils le Certiphyto ? .....

## ANNEXE 9: LISTE DES PRODUITS AUTORISÉS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE (HORS PRODUITS DE BIOCONTROLE) – 15 MARS 2021

Substance active	Action	Mention EAJ*
6-Benzaladenine	Régulateur de croissance	
6-Benzaladenine, Gibbérellines GA4/GA7	Régulateur de croissance	
Acide acétique	Herbicide	x
Acide caprylique	Herbicide	
Acide gibberellique	Régulateur de croissance	x
Acide indolbutyrique	Régulateur de croissance	x
Acide pélargonique	Herbicide	x
Acides gras	Insecticide	x
Cerevisane	Stimulateur défenses naturelles	x
COS-OGA	Stimulateur défenses naturelles	x
Eugenol, Géraniol, Thymol	Fongicide	
Extrait d'ail	Nématicide	
Extrait de fénugrec	Fongicide	
Farine de sang	Répulsif	
Gibbérellines GA4/GA7	Stimulateur de croissance	
Graisse de mouton	Répulsif	x
Héptamaloxyloglucan	Lutte contre le gel	
Huile de clous de girofle	Fongicide	
Huile de colza	Adjuvant pour bouillies insecticide et herbicide	x
Huile de menthe verte	Régulateur de croissance	x
Huile de paraffine	Insecticide	x
Huile de pin/résine	Adjuvant pour bouillies herbicide	
Huile de poisson	Répulsif	
Huile essentielle d'orange	Régulateur de croissance	x
Hydrogénocarbonate de potassium	Fongicide / régulateur de croissance	x
Laminarine	Stimulation des défenses naturelles	x
Maltodextrine	Insecticide	x
Mélange de terpénoïdes QRG 460	Insecticide	
Phosphate ferrique	Molluscicide	x
Phosphate de disodium	Fongicide	
Phosphate de potassium	Fongicide / stimulation des défenses naturelles	x
Pyréthrine	Insecticide	x
Pyréthrine et abamectine	Insecticide	x
Pyréthrine et huile de colza	Insecticide	x
Sable quartzéux	Répulsif	
Silicate d'aluminium	Répulsif	x
Soufre	Fongicide	x
Spinosad	Insecticide	x
Sulfate de fer	Herbicide	x
Terre de diatomée (Kieselgur)	Insecticide	
Piège à insectes (Deltaméthrine)	Insecticide	

\* Emploi Autorisé en Jardins = usage non professionnel

## ANNEXE 10: COURRIER DE RECRUTEMENT - PESTEXPO



EPICENE / Epidemiology  
of cancer and environmental  
exposures

Bordeaux, le « date »

«Nom\_entreprise»

«Adresse»

«Code\_postal» «Ville»

Madame, Monsieur,

Je me permets de vous contacter au sujet de la mise en place, en Gironde, d'une recherche scientifique sous la responsabilité de l'Université de Bordeaux et du laboratoire EPICENE (INSERM U1219). Il s'agit d'étudier les expositions aux pesticides chez les travailleurs en espaces verts, horticulteurs et pépiniéristes, dans les conditions habituelles des traitements. Nous vous joignons une description plus précise du protocole.

En résumé, nous nous proposons d'équiper les opérateurs avec une combinaison au début de chaque phase de traitement (préparation, application et nettoyage) et qui restera portée pendant la durée de la tâche. Cette combinaison permettra de recueillir les contaminations cutanées. En parallèle, des petites pompes portatives permettront de recueillir ce qui pourraient se déposer dans les voies respiratoires. Un technicien assistera à l'ensemble de la journée de traitement, qui ne doit en rien différer d'une journée normale, afin de relever différents paramètres (température, vent, humidité etc.) pouvant faire varier la dose reçue. A l'issue de l'observation, les combinaisons et filtres seront récupérés et des dosages seront réalisés dans un laboratoire spécialisé afin de quantifier les doses reçues par l'opérateur.

L'ensemble des données sera analysé de manière anonyme : les noms des participants, employeurs ou exploitations ne seront jamais mentionnés ou divulgués. Les résultats seront exploités de manière globale à l'aide d'outils statistiques. Cependant, un retour d'information confidentiel sera effectué auprès de chaque entreprise ayant participé, lui permettant de connaître les contaminations et circonstances d'exposition des participants.

Ce type d'étude d'observation a déjà été réalisé en agriculture et nous serions très heureux si vous acceptiez également de participer.

Nous recherchons des professionnels utilisant des produits phytosanitaires ainsi que des produits de biocontrôle et produits autorisés en agriculture biologique tels que l'acide pélargonique, pyréthrinés, spinosad, piège à insectes à base de deltaméthrine etc.

Si vous êtes intéressé.e.s pour participer à cette étude, vous pouvez nous contacter :

Par téléphone : 06 27 91 20 92

Par mail : [lucie.de-graaf@u-bordeaux.fr](mailto:lucie.de-graaf@u-bordeaux.fr)

En vous remerciant de votre réponse et en vous assurant de notre sincère considération.

Lucie de Graaf

Université de Bordeaux – Institut de Santé Publique, d'Épidémiologie et de Développement  
146 rue Léo Saignat 33076 Bordeaux CEDEX – [lucie.de-graaf@u-bordeaux.fr](mailto:lucie.de-graaf@u-bordeaux.fr)



**ANNEXE 11: CAHIER D'OBSERVATION – TRAITEMENTS (PESTEXPO)**

## Dossier de suivi du travailleur

Identifiant :          
 Dep / N° exploitation / Tâche / Environnement / N° travailleur

Tâche : 1-Traitement 2-Ré-entrée	Environnement : 1- Extérieur 2- Serre
--	---

Nom de l'observateur : \_\_\_\_\_

Date :       (J/M/A)

### Mémo Patches :

- 1 : Gants gauche (Gg)
- 2 : Gants droite (Gd)
- 3 : Tête (Te)
- 4 : Tronc (Tr)
- 5 : Dos
- 6 : Avant-bras gauche (ABg)
- 7 : Avant-bras droit (ABd)
- 8 : Bras gauche (Bd)
- 9 : Bras droit (Bg)
- 10 : Cuisse gauche (Cg)
- 11 : Jambe gauche (Jg)
- 12 : Cuisse droite (Cd)
- 13 : Jambe droite (Jd)

## 1. CARACTERISTIQUES DU TRAVAILLEUR

Nom : \_\_\_\_\_ Prénoms : \_\_\_\_\_  
 Genre :  F  M  Autre Date de naissance :       (J/M/A)

Commune de naissance : \_\_\_\_\_ CODE INSEE :

Adresse de résidence : \_\_\_\_\_

Numéro de téléphone/mobile : \_\_\_\_\_

Adresse mail : \_\_\_\_\_@\_\_\_\_\_

Poids :     KG Taille :    M Droitier  Gaucher  Ambidextre

Fumeur actuel : Oui  Non  Nombre de cigarettes par jour

### Formations :

#### Formation agricole :

- Aucune formation agricole
- MFR (Maison Familiale Rurale) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BEPA (Brevet d'Études Professionnelles Agricoles) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BPREA (Brevet Professionnel Entreprise Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac Professionnel Spécialité : \_\_\_\_\_
- Certification de spécialisation Spécialité : \_\_\_\_\_
- Ingénieur agricole/agronome Spécialité : \_\_\_\_\_
- CAPA (Certificat d'Aptitude Professionnelle Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BPA (Brevet Technicien Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BTS (Brevet Technicien Supérieur Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BTA (Bac Technologique Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- Licence professionnelle agricole Spécialité : \_\_\_\_\_
- Autre, préciser : \_\_\_\_\_

#### Formation non agricole :

- Pas de scolarité
- Primaire
- Secondaire technique (collège) menant au CAP
- Secondaire général (collège) menant au brevet
- Secondaire long (lycée) menant au BAC
- Secondaire long (lycée) menant au Brevet de Technicien
- Bac+2 ou +3 : BTS, DEUG, DUT, Licence Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac +4 ou +5 : Master Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac +8 : Doctorat Spécialité : \_\_\_\_\_
- Autre, préciser : \_\_\_\_\_

Statut dans l'exploitation / entreprise :

(1 : Chef d'exploitation / 2 : Coexploitant / 3 : Conjoint / 4 : Enfant / 5 : parent couple exploitant / 6 : Chef de culture / 7 : Chef d'équipe / 8 : Ouvrier / 9 : en formation agricole dont les apprentis et stagiaires)

Temps de travail :  (1 : complet / 2 : mi-temps / 3 : occasionnel / 4 : saison)

### Ancienneté :

Dans ce secteur :  (années) Dans cet emploi :  (années)

1<sup>ère</sup> utilisation de pesticides ? Oui  Non

### Ancienneté dans l'utilisation de pesticides :

Dans ce secteur :  (années) Autres secteurs :  (années)

Date de dernière utilisation des matières actives qui vont être utilisées aujourd'hui :

- Matière active n°1 :

- o Nom : \_\_\_\_\_
- o Date de dernière utilisation : / / / / / /

N'a jamais utilisé ce type de matières actives auparavant :

- Matière active n°2 :

- o Nom : \_\_\_\_\_
- o Date de dernière utilisation : / / / / / /

N'a jamais utilisé ce type de matières actives auparavant :

Avez-vous passé le Certiphyto ? Oui  Non  Année du diplôme / / / / / /

Rôle dans le traitement : Préparation  Application  Nettoyage

Précisions si nécessaire : \_\_\_\_\_

## 2. CARACTERISTIQUES DU MATERIEL

PULVERISATEUR  ATOMISEUR Marque : \_\_\_\_\_ 

• Type :

- à dos  automoteur
- porté  Autre (préciser) : \_\_\_\_\_
- traîné

• Ancienneté du pulvérisateur : / / / (années)  moins d'un an  Ne sait pas

• Dernière révision : / / / / / / / / / / / / / / / /

Caractéristiques :

• Pompe :  Manuel  Motorisé  thermique ou  électrique

• Présence d'un mélangeur :  Oui  Non

• Pression (bar ou Pa) : \_\_\_\_\_

• Lance/Tube de soufflage :  Oui  Non

Si oui, longueur : / / / / / / cm

• Type de pulvérisation :  à jet porté  à jet projeté  pneumatique

• Nombre de buses : / / / /

Type de buse :

A turbulence (jet conique)  A jet plat de type pinceau  A jet plat de type miroir

Autre, préciser : \_\_\_\_\_

Couleur des buses : \_\_\_\_\_

Changement des buses en cours de saison ?  Oui  Non

Pourquoi (compléter dans tous les cas) ? \_\_\_\_\_

Angle de pulvérisation des buses : / / / / / / degrés Estimation :  Oui  Non

• Présence d'un régulateur de pression anti-goutte :  Oui  Non

• Présence d'une rampe :  Oui  Non

Si oui, longueur de la rampe : / / / / (en mètres)

Méthode de déploiement de la rampe :  Automatique  Manuel

• Présence d'une grille de déviation (pour les atomiseurs) :  Oui  Non

Si oui :  Grille conique  grille de déflexion  grille de double déflexion

• Présence d'un cône désherbage :  Oui  Non

Si oui, longueur : \_\_\_\_\_ cm

• Nombre de turbines : / / / /  Non concerné

• Diamètre des turbines : / / / /  Non concerné

• Hauteur de l'axe des turbines par rapport au sol : / / / /  Non concerné

Caractéristique de la cuve :

• Volume de la cuve : / / / / / / (litres)

• Diamètre orifice de remplissage : / / / / cm

• Hauteur du trou d'homme (par rapport au sol) : \_\_\_\_\_ m

• Diamètre du trou d'homme : \_\_\_\_\_ cm

• Aide pour accès à l'ouverture :

Marche pieds ou  Escabeau Préciser hauteur : \_\_\_\_\_

Rien  Autre : \_\_\_\_\_

- Existence d'un incorporeur : OUI  NON   
Si OUI : Volume de l'incorporeur : / / / (litres)  
Utilisation de l'incorporeur ?  Oui  Non
- Cuve d'incorporation :  Oui  Non
- Dispositif de rinçage des bidons :  Oui  Non
- Réserve d'eau :  Oui  Non Si oui, quel volume ? / / / (Litres)
- Débit proportionnel à l'avancement :
- Débit proportionnel à l'avancement électronique :
- Réglage/Étalonnage :  Oui  Non

Date du dernier réglage : / / / / / /

Pression : / / / / (bars) Estimation : OUI  NON

Débit : / / / / (1/Mn) Réglable : OUI  NON

- Existence d'une jauge :  Oui  Non
- Visible ?  Oui  Non



Si oui, description (dont graduation) : \_\_\_\_\_

### TRACTEUR Pas de tracteur



- Marque : \_\_\_\_\_
- Ancienneté (années) : / / /  moins d'un an  Ne sait pas
- Cabine : (1 : Absence / 2 : fermée devant / 3 : 3côtés / 4 : totale) / / /
- Climatisation :  Oui  Non Filtres :  Oui  Non
- Date dernier changement du filtre : / / / / / 20 / / /  
< 1 mois  < 3 mois  < 6 mois  < 1 an  > 1 an
- Stabilisateur de vitesse :  Oui  Non
- Vitesse d'avancée : / / / km/h (si pas stabilisée, calculer v. moyenne approximative sur parcelle)  
Estimée :  Oui  Non Variable :  Oui  Non
- Distances :  
Siège/sol : / / / / (cm) Siège/buses : / / / / (cm)
- Présence d'un trou pour le passage des câbles à l'arrière de la cabine :  Oui  Non



Photos  
4 faces

### STOCKAGE DES PRODUITS



- Lieu de stockage des produits :  local fermé exclusif  
 local fermé mixte (autres matériels)  
 abri  
 autre (préciser) : \_\_\_\_\_
- Stockage des vêtements dans le même local que produits :  Oui  Non

### 3. PREPARATION n°\_\_

Conditions météorologiques début de préparation :

Température  °C Hygrométrie  % Vent  km/h ou m/s



#### TENUE VESTIMENTAIRE POUR LA PREPARATION

			Remarques
Tête	Casquette Chapeau Lunettes de vue Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Tronc	T-Shirt Marcel Chemise manches courtes Chemise manches longues Pull Sweat Combinaison (bleu de travail/salopette) Tablier Veste Imperméable	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Jambes	Pantalon Pantacourt <i>mi mollets</i> Pantacourt <i>sous les genoux</i> Short Combinaison	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Pieds	Chaussures basses Chaussures hautes Sécurité Bottes Chaussures ouvertes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	

#### EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

				Remarques
Demi-masque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Masque facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Casque ventilé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Lunettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Ecran facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Combinaison	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Blouse en tyvek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Tablier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Gants cuir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Gants coton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Gants anti coupure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Gants nitrile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	
Gants latex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....	

Remarques (nature des filtres si masques/stockage des EPI) : \_\_\_\_\_

- Heure de début de la préparation : / / H / / (min)

- Allumage pompes :

Heure début	Ident. Pompe	N° Filtre	Compteur début	Compteur fin	Heure fin
	Droit/		_____ litres	_____ litres	
			_____ minutes	_____ minutes	
	Gauche/		_____ litres	_____ litres	
			_____ minutes	_____ minutes	

- **Dernier traitement effectué avec ce pulvérisateur :**

Date ? / / / / 20 / / /

Spécialités commerciales : \_\_\_\_\_

Qu'avez-vous fait après du reste de cuve ? \_\_\_\_\_

- **Actuellement** : Que reste-t-il dans la cuve ? \_\_\_\_\_

- **Volume de liquide dans cuve avant préparation** : / / / / litres

Est-ce une estimation ?  Oui  Non

- **Lieu de préparation** : / /

(1 : cour / 2 : abri ou pièce fermée / 3 : pièce ventilée / 4 : pièce non ventilée / 5 : plein champs)

- **Origine de l'eau** : / /

(1 : puits / 2 : mare / 3 : réseau de distribution / 4 : Récupérateur d'eau de pluie)



DESCRIPTION DE TOUS LES PRODUITS VERSES DANS LA CUVE



Produit	Heure début	Nom commercial	Sachet ou Bidon neuf	Nombre de bidons vidés directement Dans cuve (C) ou dans incorporateur (I)	Réipients intermédiaires versés : volume pour chaque Volume du pot	Heure fin
EAU						
A			OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Les 2 <input type="checkbox"/>	/ / / (C) / / / (I)	/ / / (C) / / / (I) / / / litres	
B			OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Les 2 <input type="checkbox"/>	/ / / (C) / / / (I)	/ / / (C) / / / (I) / / / litres	
C			OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Les 2 <input type="checkbox"/>	/ / / (C) / / / (I)	/ / / (C) / / / (I) / / / litres	
D			OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Les 2 <input type="checkbox"/>	/ / / (C) / / / (I)	/ / / (C) / / / (I) / / / litres	
E			OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/> Les 2 <input type="checkbox"/>	/ / / (C) / / / (I)	/ / / (C) / / / (I) / / / litres	

Ordre d'incorporation dans la cuve (noter les lettres associées aux différents produits dans l'ordre) :

---



---



---

• Lavage des mains / du visage en fin de préparation :  OUI  NON

• Consommation de cigarette :  OUI  NON Si oui, nombre :

Précision gestion EPI durant la consommation de cigarette :

\_\_\_\_\_

• Usage du téléphone portable :  OUI  NON Si oui, nombre :

Précision gestion EPI durant l'utilisation du téléphone :

\_\_\_\_\_

• Interruptions de la tâche :  OUI  NON.

Motifs et gestion des EPI (Si qqn a besoin de lui ailleurs (physiquement ou par téléphone), POURQUOI ? etc.  
→ Préciser au maximum) :

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**AUTRES REMARQUES**

INCIDENTS/REMARQUES : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**FIN DE PREPARATION**

Heure de fin de la préparation :  /  /  H  /  /  (min)

A REMPLIR A PARTIR DES PHOTOS PRISES



**PRENDRE EN PHOTO  
CHAQUE ETIQUETTE**  
→ Composition détaillée produit  
→ Numéro de lot  
→ Infos risques  
→ Préconisations d'utilisation

Produit	Numéro de Lot	Formulation EC/SC/WP..	Conditionnement (poids ou volume)	Diamètre du goulot (en mm)	Volume prévu de produit à l'hectare ou au m <sup>2</sup>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Composition des produits versés (voir détails sur étiquettes, % de substances actives etc.) :

Produit A : \_\_\_\_\_

Produit B : \_\_\_\_\_

Produit C : \_\_\_\_\_

Produit D : \_\_\_\_\_

Produit E : \_\_\_\_\_

4. APPLICATION n° \_\_\_

- Traitement réalisé en :  Extérieur  Sous serre
- Conditions météorologiques début de préparation :  
Température \_\_\_\_\_ °C Hygrométrie \_\_\_\_\_ % Vent \_\_\_\_\_ km/h ou m/s
- S'agit-il de la même personne que pour la préparation :  Oui  Non
- Vêtements identiques à ceux de la phase de préparation :  Oui  Non *Si non préciser ci-dessous*

TENUE VESTIMENTAIRE POUR L'APPLICATION

			Remarques
Tête	Casquette	<input type="checkbox"/>	
	Chapeau	<input type="checkbox"/>	
	Lunettes de vue	<input type="checkbox"/>	
	Autre, préciser :	<input type="checkbox"/>	
Tronc	T-Shirt	<input type="checkbox"/>	
	Marcel	<input type="checkbox"/>	
	Chemise manches courtes	<input type="checkbox"/>	
	Chemise manches longues	<input type="checkbox"/>	
	Pull	<input type="checkbox"/>	
	Sweat	<input type="checkbox"/>	
	Combinaison ( <i>bleu de travail/salopette</i> )	<input type="checkbox"/>	
	Tablier	<input type="checkbox"/>	
	Veste	<input type="checkbox"/>	
Imperméable	<input type="checkbox"/>		
Jambes	Pantalon	<input type="checkbox"/>	
	Pantacourt <i>mi mollets</i>	<input type="checkbox"/>	
	Pantacourt <i>sous les genoux</i>	<input type="checkbox"/>	
	Short	<input type="checkbox"/>	
Pieds	Combinaison	<input type="checkbox"/>	
	Chaussures basses	<input type="checkbox"/>	
	Chaussures hautes	<input type="checkbox"/>	
	Sécurité	<input type="checkbox"/>	
	Bottes	<input type="checkbox"/>	
	Chaussures ouvertes	<input type="checkbox"/>	

EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

				Remarques
Demi-masque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Masque facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Casque ventilé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Lunettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Ecran facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Combinaison	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Blouse en tyvek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Tablier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants cuir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants coton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants anti coupure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants nitrile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants latex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....

- Heure de départ du lieu de préparation : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ H \_\_\_\_/\_\_\_\_ (min). (=compteur début pompe)
- Heure d'arrivée à la parcelle : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ H \_\_\_\_/\_\_\_\_ (min)
- Heure début du traitement : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ H \_\_\_\_/\_\_\_\_ (min)

Allumage des pompes :

Heure début	Ident. pompe	Compteur début	Compteur fin	Heure fin

	Parcelle/serre	Parcelle/serre	Parcelle/serre	Parcelle/serre	Parcelle/serre	Parcelle/serre	Parcelle/serre	
<b>Début</b>	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min	
Caractéristiques de la parcelle	Enherbement <i>Nul / Partiel / Total</i>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	
	Direction du jet	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus	<input type="checkbox"/> Vers le bas <input type="checkbox"/> En face <input type="checkbox"/> Au-dessus
	Épaisseur approximative du rang / de la planche	_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ cm	
	Hauteur des plantes/arbres (m)							
	Espacement entre plants/arbres (m)							
	Espace entre rangs (m)							
	Nombre de rangs							
	Densité de plantation ( <i>Nb d'arbres/are</i> )	_____	_____	_____	_____	_____	_____	
	Surface (are)							
	Déroulement du traitement	Passe tous les X rangs						
Nombre de X tours								
Temps approx.de pulvérisat*/rang ( <i>sec</i> )								
Volume de bouillie/ha								
Nombre de buses en fonction								

13

Tracteur	Nombre descentes de tracteur						
	Nombre d'interventions sur la rampe						
	Nombre d'interventions sur le pulvérisateur						
Autre	Consommation de cigarette (nombre)						
	Usage du téléphone						
<b>Fin</b>	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min	H    min

- Si traitement réalisé en serre : (Peut être complété plus tard)

	Type de serre	Surface	Matériau	Hauteur	Ouverte	Système d'aération
1	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
2	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
3	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
4	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
5	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
6	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	/// m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	/// m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)

14





4. NETTOYAGE

Oui  Non Laisse cuve en l'état

Heure de début : / / H / / min

Filmer

TENUE VESTIMENTAIRE POUR LE NETTOYAGE

			Remarques
Tête	Casquette	<input type="checkbox"/>	
	Chapeau	<input type="checkbox"/>	
	Lunettes de vue	<input type="checkbox"/>	
	Autre, préciser :	<input type="checkbox"/>	
Tronc	T-Shirt	<input type="checkbox"/>	
	Marcel	<input type="checkbox"/>	
	Chemise manches courtes	<input type="checkbox"/>	
	Chemise manches longues	<input type="checkbox"/>	
	Pull	<input type="checkbox"/>	
	Sweat	<input type="checkbox"/>	
	Combinaison (bleu de travail/salopette)	<input type="checkbox"/>	
	Tablier	<input type="checkbox"/>	
	Veste	<input type="checkbox"/>	
	Imperméable	<input type="checkbox"/>	
Jambes	Pantalon	<input type="checkbox"/>	
	Pantacourt mi mollets	<input type="checkbox"/>	
	Pantacourt sous les genoux	<input type="checkbox"/>	
	Short	<input type="checkbox"/>	
	Combinaison	<input type="checkbox"/>	
Pieds	Chaussures basses	<input type="checkbox"/>	
	Chaussures hautes	<input type="checkbox"/>	
	Sécurité	<input type="checkbox"/>	
	Bottes	<input type="checkbox"/>	
	Chaussures ouvertes	<input type="checkbox"/>	

EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

			Remarques	
Demi-masque	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Masque facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Casque ventilé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Lunettes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Ecran facial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Combinaison	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Blouse en tyvek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Tablier	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants cuir	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants coton	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants anti coupure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants nitrile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....
Gants latex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Neuf	<input type="checkbox"/> Utilisé depuis : .....	<input type="checkbox"/> Nettoyé le : .....

Remarques (nature des filtres si masques/stockage des EPI) : \_\_\_\_\_

- Devenir des produits restant dans la cuve (rinçage) :

passage à grande vitesse en champs : N° des parcelles : \_\_\_\_\_

Durée du passage : \_\_\_\_\_

Cuve d'épandage

Vidange dans zone « restreinte »

- Rinçage de la cuve :  Oui  Non

• Utilisation de nettoyant (nom(s) si oui) : \_\_\_\_\_

- Description de la phase de nettoyage (Vidange/rinçage ...) :

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- Contacts avec la cuve : Nombre d'occurrences / /

Motifs : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- Interruptions de la tâche :  Oui  Non

Motifs (Si qqn a besoin de lui ailleurs (physiquement ou par téléphone), POURQUOI ? etc.

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- Gestion des EPI pendant ce laps de temps (Que fait-il des EPI qu'il portait avant interruption ? Qu'est-ce qu'il garde / enlève ? Qu'est-ce qu'il remet / remplace ? Où met-il les EPI ôtés / remplacés ?)

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FIN DU NETTOYAGE

Heure de fin du nettoyage: / / H / / (min)



Photo  
étiquette

**6. CONCLUSIONS - A LA FIN DE L'OBSERVATION**

**JUGEMENT DU TRAVAILLEUR**

Était-ce une journée de traitement habituelle :  Oui  Non

Pourquoi ? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Spécialement en termes d'incidents :**

- normale
- moins d'incidents
- plus d'incidents

Types d'incidents déjà vécus et non survenus lors de cette journée (filets/pesticides/...):

Type d'incidents	Fréquence (à chaque fois ; 1fois/mois ; +1fois/an ; -1fois/an)	Motif (supposé si inconnu)

**L'observation a-t-elle entraîné des modifications :**

- sur le déroulement de la journée?
- sur votre manière de procéder durant une / plusieurs étapes ? **Préciser**

*Exemple : Si vous ne portez pas de gants pendant la préparation et que vous vous mouillez les mains, qu'est-ce que vous faites ?*

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Aujourd'hui, pensez-vous avoir reçu/absorbé des produits de traitement :  Oui  Non

Si oui : A quel(s) moment(s) ? Comment ?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**QUELLE QUE SOIT LA REPONSE** : Qu'est-ce qui vous fait penser cela (détailler perception odeur et effets sur la peau)?

- Goût dans la bouche
- Yeux
- Rougeurs : Où ? \_\_\_\_\_
- Autres : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**Les jours où vous traitez, habituellement :**

Quand vous lavez-vous les  **mains**  ?

- Entre les différentes phases
- juste après la préparation
- juste après les traitements
- juste après le nettoyage
- en fin de demi-journée
- le soir

Quand vous lavez-vous le  **visage**  ?

- Entre les différentes phases
- juste après la préparation
- juste après les traitements
- juste après le nettoyage
- en fin de demi-journée
- le soir

Vous douchez-vous sur l'exploitation ?  OUI  NON

**JUGEMENT DE L'OBSERVATEUR SUR LE TRAVAILLEUR**

L'attitude du travailleur paraissait-elle naturelle OUI  NON

**QUELLE QUE SOIT LA REPONSE** : Qu'est-ce qui vous fait penser cela ?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Utilisation de tenues de travail supplémentaires : OUI  NON

Si oui : Quelles parties ? Pourquoi ?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**ANNEXE 12: CAHIER D'OBSERVATION – REENTREE (PESTEXPO)**

## Dossier de suivi du travailleur

Identifiant :  /  /  /  /  /  /  /   
Dep / N° exploitation / Tâche / Environnement / N° travailleur

Tâche : 1-Traitement 2-Ré-entrée	Environnement : 1- Extérieur 2- Serre
--	---

Nom de l'observateur : \_\_\_\_\_

Date :  /  /  (J/M/A)

### Sommaire :

1. Caractéristique du travailleur – pages 2 à 3 (blanc)
2. Ré-entrée, 1<sup>ère</sup> ½ journée – pages 3 à 13 (bleu)
3. Ré-entrée, 2<sup>ème</sup> ½ journée – pages 14 à 24 (rose)
4. Conclusion – pages 25 à 26 (orange)
5. Consentement

### Mémo Patches :

- 1 : Gants gauche (Gg)
- 2 : Gants droite (Gd)
- 3 : Tête (Te)
- 4 : Tronc (Tr)
- 5 : Dos
- 6 : Avant-bras gauche (ABg)
- 7 : Avant-bras droit (ABd)
- 8 : Bras gauche (Bd)
- 9 : Bras droit (Bg)
- 10 : Cuisse gauche (Cg)
- 11 : Jambe gauche (Jg)
- 12 : Cuisse droite (Cd)
- 13 : Jambe droite (Jd)

## 1. CARACTERISTIQUES DU TRAVAILLEUR

Nom : \_\_\_\_\_ Prénoms : \_\_\_\_\_  
Genre :  F  M  Autre Date de naissance :  /  /  (J/M/A)  
Commune de naissance : \_\_\_\_\_ CODE INSEE :  /  /  /  /  /

Adresse de résidence : \_\_\_\_\_

Numéro de téléphone/mobile : \_\_\_\_\_

Adresse mail : \_\_\_\_\_ @ \_\_\_\_\_

Poids :  /  /  KG Taille :  /  /  M Droitier  Gaucher  Ambidextre

Fumeur actuel : Oui  Non  Nombre de cigarettes par jour  /  /

### Formations :

#### Formation agricole :

- Aucune formation agricole
- MFR (Maison Familiale Rurale) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BEPA (Brevet d'Études Professionnelles Agricoles) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BPREA (Brevet Professionnel Entreprise Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac Professionnel Spécialité : \_\_\_\_\_
- Certification de spécialisation Spécialité : \_\_\_\_\_
- Ingénieur agricole/agronome Spécialité : \_\_\_\_\_
- CAPA (Certificat d'Aptitude Professionnelle Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BPA (Brevet Technicien Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BTSA (Brevet Technicien Supérieur Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- BTA (Bac Technologique Agricole) Spécialité : \_\_\_\_\_
- Licence professionnelle agricole Spécialité : \_\_\_\_\_
- Autre, préciser : \_\_\_\_\_

#### Formation non agricole :

- Pas de scolarité
- Primaire
- Secondaire technique (collège) menant au CAP
- Secondaire général (collège) menant au brevet
- Secondaire long (lycée) menant au BAC
- Secondaire long (lycée) menant au Brevet de Technicien
- Bac+2 ou +3 : BTS, DEUG, DUT, Licence Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac +4 ou +5 : Master Spécialité : \_\_\_\_\_
- Bac +8 : Doctorat Spécialité : \_\_\_\_\_
- Autre, préciser : \_\_\_\_\_

Statut dans l'exploitation / entreprise :  /  /

(1 : Chef d'exploitation / 2 : Coexploitant / 3 : Conjoint / 4 : Enfant / 5 : parent couple exploitant / 6 : Chef de culture / 7 : Chef d'équipe / 8 : Ouvrier / 9 : en formation agricole dont les apprentis et stagiaires)

Temps de travail :  (1 : complet / 2 : mi-temps / 3 : occasionnel / 4 : saison)

### Ancienneté :

Dans ce secteur :  (années) Dans cet emploi :  (années)

Utilisation de pesticides ? Oui  Non

Date de dernière utilisation :  /  /  Matière active : \_\_\_\_\_

Avez-vous passé le Certiphyto ? Oui  Non  Année du diplôme  /  /



	Parcelle/serre ____	Parcelle/serre ____	Parcelle/serre ____	Parcelle/serre ____	Parcelle/serre ____	Parcelle/serre ____
<b>Début</b>	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min
Caractéristiques du traitement	Dernier traitement réalisé : date					
	Spécialité commerciale					
	Dose à l'hectare					
	Matériel d'application					
	Délai de ré-entrée : J+					
	Pluie entre le ttt et la ré-entrée-					
	Traitement à proximité ce jour là					
	Distance approx.					
Produit						
Caractéristiques de la parcelle	Enherbement Nul / Partiel / Total	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>
	Épaisseur approximative du rang / de la planche	____ cm	____ cm	____ cm	____ cm	____ cm
	Hauteur des plantes/arbres (m)					
	Espacement entre plants/arbres (m)					
Espace entre rangs (m)						
Nombre de rangs						
Densité de plantation (Nb d'arbres/are)						
Surface (are)						
Filet anti-grêle : Existant / Inexistant Déployé oui / non	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Bâche anti-pluie : Existant / Inexistant Déployé oui / non	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Déroulement du travail	Tâche réalisée					
	Temps par rang					
	Temps par parcelle					
	Position					
	Nombre d'aller-retour dans le range					
	Consommation de cigarette (nombre)					
	Usage du téléphone					
	Autres interruptions					
<b>Fin</b>	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min	__ _ H _  min

• Si travail réalisé en serre : (Peut être complété plus tard)

	Type de serre	Surface	Matériau	Hauteur	Ouverte	Système d'aération
1	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
2	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
3	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
4	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
5	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)
6	<input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bitunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle	m <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Plexi <input type="checkbox"/> Plastique	m	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Aération (ouverture panneaux) <input type="checkbox"/> Ventilation (brassage d'air)

**Description des tâches réalisées :**

- TÂCHE 1 : \_\_\_\_\_
  - Travail en équipe : Oui  Non   
Si oui, préciser combien de personnes, les rôles de chacun et de l'opérateur observé :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Matériel utilisé : Description du matériel, gestion etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Description factuelle de la tâche : logique d'avancée dans le rang, indication des déplacements des personnes etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Commentaires :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Description des tâches réalisées :**

- TÂCHE 2 : \_\_\_\_\_
  - Travail en équipe : Oui  Non   
Si oui, préciser combien de personnes, les rôles de chacun et de l'opérateur observé :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Matériel utilisé : Description du matériel, gestion etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Description factuelle de la tâche : logique d'avancée dans le rang, indication des déplacements des personnes etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Commentaires :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



**Description des tâches réalisées :**

- TÂCHE 3 : \_\_\_\_\_
  - Travail en équipe : Oui  Non   
Si oui, préciser combien de personnes, les rôles de chacun et de l'opérateur observé :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Matériel utilisé : Description du matériel, gestion etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Description factuelle de la tâche : logique d'avancée dans le rang, indication des déplacements des personnes etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Commentaires :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Description des tâches réalisées :**


- TÂCHE 4 : \_\_\_\_\_
  - Travail en équipe : Oui  Non   
Si oui, préciser combien de personnes, les rôles de chacun et de l'opérateur observé :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Matériel utilisé : Description du matériel, gestion etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Description factuelle de la tâche : logique d'avancée dans le rang, indication des déplacements des personnes etc.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
  - Commentaires :  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Plan de la parcelle : (Noter l'orientation de la parcelle, le parcours du tracteur, le lieu d'implantation de la station météo et des prises de photographies (tracteur en action pris de côté)



COORDONNEES GPS DE LA PARCELLE : / /

Référence de la carte IGN : / /

  
Orientation

REMARQUES : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Fin de la 1/2 journée de travail :

Lavage des mains / du visage à la fin du travail :  OUI  NON

Lavage du matériel :  OUI  NON

Si oui, décrire :

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Stockage du matériel :

Laissé sur place

Local technique

Dans véhicule

Ramené à la maison

Autre :

**FIN DU TRAVAIL :**

Heure de fin: / / H / / / (min)

6. CONCLUSIONS - A LA FIN DE L'OBSERVATION

JUGEMENT DU TRAVAILLEUR

Était-ce une journée de travail habituelle :  Oui  Non

Pourquoi ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Spécialement en termes d'incidents :

- normale
- moins d'incidents
- plus d'incidents

Types d'incidents déjà vécus et non survenus lors de cette journée (filets/pesticides/...):

Type d'incidents	Fréquence (à chaque fois ; 1fois/mois ; +1fois/an ; -1fois/an)	Motif (supposé si inconnu)

L'observation a-t-elle entraîné des modifications :

- sur le déroulement de la journée?
- sur votre manière de procéder durant une / plusieurs étapes ? Préciser

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Aujourd'hui, pensez-vous avoir reçu/absorbé des produits de traitement :  Oui  Non

Si oui : A quel(s) moment(s) ? Comment ?

\_\_\_\_\_

**QUELLE QUE SOIT LA REPONSE** : Qu'est-ce qui vous fait penser cela (détailler perception odeur et effets sur la peau)?

- Goût dans la bouche
- Yeux
- Rougeurs : Où ? \_\_\_\_\_
- Autres : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Les jours où vous travaillez, habituellement :

Quand vous lavez-vous les mains ? \_\_\_\_\_

Quand vous lavez-vous le visage ? \_\_\_\_\_

Vous douchez-vous sur l'exploitation ?  OUI  NON

JUGEMENT DE L'OBSERVATEUR SUR LE TRAVAILLEUR

L'attitude du travailleur paraissait-elle naturelle OUI  NON

**QUELLE QUE SOIT LA REPONSE** : Qu'est-ce qui vous fait penser cela ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Utilisation de tenues de travail supplémentaires : OUI  NON

Si oui : Quelles parties ? Pourquoi ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ANNEXE 13: CARACTERISTIQUES DE L'ENTREPRISE / EXPLOITATION (PESTEXPO)**

## Dossier Exploitation / entreprise

- Horticulture
- Pépinière
- Service espaces verts
- Service équipement sportif

- Terrains de sport
- Entreprise privée d'espaces verts
- Golf ( privé  associatif  municipal)

**INFORMATIONS GENERALES :**

Dénomination de l'exploitation / entreprise / service : \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Rue/route : \_\_\_\_\_

Code postal : \_\_\_\_\_

Nom de la commune : \_\_\_\_\_

**Si entreprise d'espaces verts, statut :**

- Ets individuelles (EI) ou Individuelle à Responsabilité Limitée (EURL)
- SARL
- Auto-entreprise
- Autre : \_\_\_\_\_

Exploitations (horticole et pépinière)	Espaces verts publics	Terrains de sport et golfs	Entreprises privées
Surface totale : / / / ha - plein champ : / / / ha - Sous serre : / / / ha	Surface : / / / ha	Surface : / / / ha	Nombre de chantiers par an : / / /
Nombre d'essences/plantes cultivées : / / / /	Nombre de : - Parcs / jardins : / / / - Cimetières : / / /	Nombre de terrains : / / / Nombre de trous (golf) : / / /	Type de chantiers : <input type="checkbox"/> Maisons individuelles <input type="checkbox"/> Copropriétés <input type="checkbox"/> Châteaux <input type="checkbox"/> Espaces publics <input type="checkbox"/> Sites industriels <input type="checkbox"/> Autre :
<b>Mode d'irrigation</b> <input type="checkbox"/> Goutte à goutte <input type="checkbox"/> Chariot d'arrosage <input type="checkbox"/> Aspersion <input type="checkbox"/> Fond sub-irriguant <input type="checkbox"/> Micro-aspersion <input type="checkbox"/> Pas d'irrigation <input type="checkbox"/> Brumisation <input type="checkbox"/> Autre, préciser :		<b>Mode d'irrigation</b> <input type="checkbox"/> Goutte à goutte <input type="checkbox"/> Chariot d'arrosage <input type="checkbox"/> Aspersion <input type="checkbox"/> Fond sub-irriguant <input type="checkbox"/> Micro-aspersion <input type="checkbox"/> Pas d'irrigation <input type="checkbox"/> Brumisation <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	

Si présence de serres : Nombre : / / /

Type de serre	Nombre	Dimensions	Ouverture	Matériau	Système de ventilation
<input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bi-tunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle <input type="checkbox"/> Tunnel nantais <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	/ / /	/ / / / m x / / / / m	<input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Fermée	<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> Aération* <input type="checkbox"/> Ventilation ** <input type="checkbox"/> Autre, préciser :
<input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bi-tunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle <input type="checkbox"/> Tunnel nantais <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	/ / /	/ / / / m x / / / / m	<input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Fermée	<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> Aération* <input type="checkbox"/> Ventilation ** <input type="checkbox"/> Autre, préciser :
<input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bi-tunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle <input type="checkbox"/> Tunnel nantais <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	/ / /	/ / / / m x / / / / m	<input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Fermée	<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> Aération* <input type="checkbox"/> Ventilation ** <input type="checkbox"/> Autre, préciser :
<input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bi-tunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle <input type="checkbox"/> Tunnel nantais <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	/ / /	/ / / / m x / / / / m	<input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Fermée	<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> Aération* <input type="checkbox"/> Ventilation ** <input type="checkbox"/> Autre, préciser :
<input type="checkbox"/> Mono-chapelle <input type="checkbox"/> Bi-tunnel <input type="checkbox"/> Multi-chapelle <input type="checkbox"/> Tunnel nantais <input type="checkbox"/> Tunnel <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	/ / /	/ / / / m x / / / / m	<input type="checkbox"/> Ouverte <input type="checkbox"/> Fermée	<input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Plexiglass <input type="checkbox"/> Verre <input type="checkbox"/> Autre, préciser :	<input type="checkbox"/> Aération* <input type="checkbox"/> Ventilation ** <input type="checkbox"/> Autre, préciser :

\* Ouverture des panneaux / \*\* Brassage de l'air

Inscrire le nombre de personnes réalisant les tâches suivantes :									
	Nombre total	Nombre d'équivalent temps plein (ETP)	Traitements pesticides*	Entretien des cultures (arrosage, taille, bouture, replantage etc. )	Prélèvement des végétaux	Préparation du sol	Entretien espaces verts – terrains de sport (tonde, taille, élagage etc.)	Désherbage	Autre (Administratif, vente, approvisionnement etc. )
Gérant / chef de service	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Salariés	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
<i>Dont :</i>									
Directeur de production	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Chef de culture	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Chef d'équipe	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Ouvrier	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
Saisonniers	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
<b>TOTAL</b>	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /

\* Conventionnels ou bio

## ANNEXE 14: NOTE D'INFORMATION ETUDE PESTEXPO

### NOTE D'INFORMATION

Étude PESTEXPO EV : Estimation de l'exposition aux pesticides chez les travailleurs en espace vert.

**Promoteur de la recherche** : Université de Bordeaux – Laboratoire EPICENE (INSERM U1219 – Bordeaux Population Health Center)

**Investigateur principal** : Dr Isabelle Baldi

**Responsable de la protection des données** : Xavier Daverat

Madame, Monsieur,

Nous vous invitons à participer à l'étude **PESTEXPO EV** mise en place par l'Université de Bordeaux et le laboratoire EPICENE (INSERM U1219 – Bordeaux Population Health Center). Cette étude consiste à étudier les expositions aux pesticides et biopesticides chez les travailleurs en espaces verts, horticulteurs et pépiniéristes, dans les conditions habituelles de travail. Vous trouverez dans cette note d'information, toutes les informations sur les différents aspects de cette recherche. Pour toute question, vous pouvez joindre Dr Isabelle Baldi qui est l'investigateur principal ou un membre de son équipe de recherche. Votre participation est entièrement libre et volontaire.

### CONTEXTE DE L'ETUDE

L'utilisation de pesticide concerne un grand nombre de professionnels et soulève de nombreuses questions sur leurs effets sur la santé notamment. Pourtant, les connaissances sur ces expositions (niveaux, variations, déterminants) restent limitées et concentrées au secteur agricole. Très peu d'études ont été spécifiquement dédiées aux professionnels des espaces verts. Pourtant les usages de pesticides dans ce secteur ont des spécificités en termes de substances utilisées, de matériel d'application, de contextes d'usage, fréquence des contacts avec des végétaux lors de tâches diverses etc.

Entre 2000 et 2018, dans le cadre du projet PESTEXPO<sup>1</sup>, ont été entreprises des études de terrain pour documenter les expositions des agriculteurs aux pesticides en Aquitaine et Basse-Normandie. Les expositions des travailleurs ont ainsi été décrites lors des applications de traitements mais également lors des tâches au contact avec les végétaux et lors des récoltes. Ces études ont permis de connaître les niveaux et circonstances d'exposition chez de nombreux professionnels agricoles.

L'évaluation des expositions est un axe central lorsqu'on étudie les effets des pesticides sur la santé humaine. Aujourd'hui, les études d'expologie sur les travailleurs en espaces verts sont rares bien qu'essentiels pour comprendre l'impact des pesticides sur la santé.

---

<sup>1</sup> PESTEXPO :

### OBJECTIF DE LA RECHERCHE

L'étude PESTEXPO EV a pour objectif de mesurer les contaminations cutanées et respiratoires aux pesticides et biopesticides en conditions réelles de travail lors de la préparation, application de traitement, nettoyage du matériel d'application et travail de ré-entrée chez des travailleurs en espaces verts.

### PARTICIPANTS

Nous recherchons des professionnels impliqués dans l'entretien des espaces verts, parcs publics et privés, voiries, promenades, cimetières, réseaux de communication (routes, chemins de fers, aéroports etc), terrains de sports et de golf etc. Sont également concernées, les pépiniéristes spécialisés dans la production de plantes, arbres et arbustes d'ornement ainsi que les personnes travaillant en horticulture et floriculture. Toute personne travaillant dans l'un de ces domaines peut être volontaire pour cette étude.

### DEROULEMENT DE L'ETUDE

L'intervention est menée de manière à ne pas modifier les conditions habituelles du traitement ou des tâches réalisées.

Des patches disposés sur le corps du participant et une paire de gants en coton permettront de recueillir les contaminations cutanées. De plus, une pompe et des filtres permettront de recueillir ce qui pourrait se déposer dans les voies respiratoires. Au cours de la journée, les moniteurs de terrain suivent les travailleurs et relèvent divers paramètres (nature de l'endroit traité, caractéristiques du matériel, température, vent, éventuels incidents etc), sur des cahiers, sans intervenir dans le déroulement de la journée de travail. Des outils vidéo et photos seront également utilisés et constitueront la base du travail des ergonomes (analyse des gestes, nombre de répétition etc.).

### DEVENIR DES ECHANTILLONS

A l'issue de l'observation, l'équipe de recherche disposera de divers prélèvements tels que les patches, gants et filtres sur lesquels les pesticides se sont déposés ainsi que les données recueillies dans les cahiers. Des dosages seront ensuite réalisés dans des laboratoires spécialisés afin de quantifier les doses reçues par l'utilisateur.

### GESTION DES DONNEES RECUEILLIES

Notre équipe de recherche s'engage avec les participants via un consentement de participation : le travailleur donne son autorisation à être filmé et/ou photographié dans le cadre de l'étude seulement et l'Université de Bordeaux s'engage à respecter l'anonymat. Toutes les informations fournies sont confidentielles et seule l'équipe de recherche en charge

de l'étude y aura accès. Les données resteront anonymisées. Les résultats seront exploités de manière globale à l'aide d'outils statistiques. Cependant, un retour d'information individuel sera effectué auprès de chacun des participants, lui permettant de connaître la dose reçue lors des opérations durant lesquelles il aura été observé.

Conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) et aux dispositions de la loi relative à l'information, aux fichiers et aux libertés, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de suppression, de limitation du traitement, à la portabilité des données, d'opposition et de retrait. Ces droits s'exercent auprès du délégué à la protection des données (DPO) de l'université de Bordeaux ([dpo@u-bordeaux.fr](mailto:dpo@u-bordeaux.fr))

#### CONTACT

Si vous avez besoin d'informations complémentaires, mais aussi en cas de problème ou d'inquiétude, vous pouvez contacter l'investigateur, ou un membre de son équipe de recherche au numéro de téléphone suivant xx.xx.xx



## ANNEXE 15: CONSENTEMENT ETUDE PESTEXPO

CONSENTEMENT DE PARTICIPATION
-------------------------------

Nom : \_\_\_\_\_  
Prénom : \_\_\_\_\_  
Adresse : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Étude de la contamination externe par les pesticides en pépinière ornementale

Mlle Lucie de Graaf, sous la direction du Docteur Isabelle BALDI, m'a proposé de participer à une recherche organisée par l'équipe EPICENE de l'Université Bordeaux et l'Université de Caen. Elle m'a précisé que je suis libre d'accepter ou de refuser.

J'ai bien compris les informations suivantes :

L'étude à laquelle elle m'a proposé de participer a pour objectif principal de mieux connaître l'exposition aux pesticides des personnes travaillant en pépinière. Pour cela des mesures d'exposition sont réalisées sur des travailleurs en espaces verts à l'aide de patches, des gants ou dans l'eau de lavage des mains, ainsi que des prélèvements par des pompes quand cela est possible.

Des questions me seront posées sur mes différentes tâches professionnelles, et un observateur m'accompagnera au cours d'une journée de traitement, dans le cadre habituel de mes activités professionnelles. L'ensemble des informations recueillies sera consigné dans un dossier conservé confidentiellement à l'université de Bordeaux par l'équipe EPICENE.

Au cours de cette observation,

J'accepte d'être filmé-e : Oui  Non

J'accepte d'être photographié-e : Oui  Non

J'accepte de participer à la recherche dans les conditions ci-dessus.

Mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités.

Je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Si je le désire, je serai libre à tout moment d'arrêter ma participation.

Les données qui me concernent resteront confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par les responsables de l'étude.

Fait en 2 exemplaires à ....., le / / 2022

Nom et Signature du responsable

Signature précédée de la mention  
« lu et approuvé »



Lucie de Graaf

## Exposition aux pesticides et santé chez les travailleurs des espaces verts en France

Au cours des dix dernières années, le secteur des espaces verts a connu une très forte évolution et emploie aujourd'hui près de 100 000 personnes en France : paysagistes, jardiniers des propriétés privées, des parcs publics, des pelouses des terrains de sport et parcours de golf, travailleurs de l'entretien routier et ferroviaire, horticulteurs, pépiniéristes, etc. Les données concernant la santé de ces travailleurs sont très limitées, bien qu'ils soient exposés à de nombreux risques professionnels physiques, biologiques et chimiques, notamment les pesticides. Le rôle de ces substances sur la santé a principalement été exploré dans les populations agricoles au cours des dernières décennies. Les usages de pesticides dans ce secteur ont des spécificités en termes de substances utilisées, de matériel utilisé, de contextes d'usage, fréquence des contacts avec des végétaux lors de tâches diverses et de réglementation. Les objectifs de la thèse étaient donc d'étudier les expositions aux pesticides, passées et présentes, chez les travailleurs des espaces verts et d'analyser des effets de santé. Pour y répondre, ce travail s'appuie sur une démarche pluridisciplinaire associant épidémiologie, expologie, toxicologie et ergonomie et s'articule autour de trois axes : i) développer des outils pour retracer l'historique des utilisations de pesticides dans le secteur des espaces verts; ii) décrire l'état de santé de cette population, la survenue de certains cancers et comprendre leur étiologie — à partir des données de la cohorte AGRICAN et iii) déterminer les niveaux d'exposition cutanée et respiratoire aux pesticides en conditions réelles de travail afin d'en identifier les déterminants. Les résultats présentés dans cette thèse soulignent l'importance de mener des études spécifiquement dédiées à ces travailleurs et d'améliorer les connaissances sur leurs expositions passées et présentes afin d'augmenter la robustesse des études épidémiologiques et proposer des mesures de prévention adaptées à ce secteur.

**Mots clés :** Épidémiologie, santé au travail, pesticides, expologie

---

## Occupational exposure to pesticides and health outcomes among greenspace workers in France.

Over the last decade, the greenspace sector has considerably developed and employs today over 100,000 people in France: landscapers, gardeners, civil servants, public facility operators, golf-course employees and other sports facilities, horticulturists, plant and tree nursery workers, etc. Numerous occupational risks and hazards have been highlighted in this population. However, knowledge of their health status is scarce in France and on a worldwide scale. During their lifetime at work, these workers are very often exposed to pesticides. The health impacts of these substances have mainly been studied among farmers. However, pesticide use in the greenspace sector has some specificities in terms of applied substances, equipment, application scenario, frequency and type of contact with treated plants and regulation. This thesis aims at studying past and present pesticide exposures and health effects amongst greenspace workers. To meet this objective, the work will build on a multidisciplinary approach (epidemiology, expology, toxicology and ergonomomy) and is articulated around three lines: i) To identify the types of pesticides used in greenspaces; ii) to describe the health condition of this population and the incidence of cancers in order to understand their aetiology and iii) to characterise the occupational exposure (dermal and respiratory) to pesticides in real work conditions. The results presented in this thesis highlight the necessity to carry out studies on this sector thus improving knowledge of past and present exposure. This in turn will enhance the strength of epidemiological studies and allow preventive measures to be tailored specifically to this work force.

**Keywords :** Epidemiology, occupational health, pesticides, expology

---

**Bordeaux Population Health Research Center**

Inserm, U1219, Équipe EPICENE, 146 rue Léo Saignat, 33076, Bordeaux