



**HAL**  
open science

**Pour une expertise scientifique et technique impartiale en vue de la maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides en milieu agricole. Rapport final de la formation spécifique de Commission nationale de la déontologie et des alertes en matière de santé publique et d'environnement (cnDAspe), présenté lors de la séance plénière du 16 novembre 2023.**

Nathalie Jas, Jean-Noël Jouzel, Isabelle Baldi, Aurélie Berthet, Alain Garrigou, Pierre Lebailly, Annie Martin-Moreno, Viviane Moquay, Giovanni Prete, Ludovic Tudori

**HAL Id: hal-04947391**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04947391v1>**

Submitted on 14 Feb 2025

**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.

► **To cite this version:**

Nathalie Jas, Jean-Noël Jouzel, Isabelle Baldi, Aurélie Berthet, Alain Garrigou, et al.. Pour une expertise scientifique et technique impartiale en vue de la maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides en milieu agricole. Rapport final de la formation spécifique de Commission nationale de la déontologie et des alertes en matière de santé publique et d'environnement (cnDAspe), présenté lors de la séance plénière du 16 novembre 2023.. Commission nationale de la déontologie et des alertes en matière de santé publique et d'environnement (cnDAspe). 2025. hal-04947391

# **Pour une expertise scientifique et technique impartiale en vue de la maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides en milieu agricole**

Rapport final de la formation spécifique de Commission nationale de la déontologie et des alertes en matière de santé publique et d'environnement (cnDAspe), présenté lors de la séance plénière du 16 novembre 2023

## Composition de la formation spécifique

Isabelle BALDI (épidémiologiste et expologue)

Aurélie BERTHET (toxicologue et expologue)

Alain GARRIGOU (ergonome)

Nathalie JAS (historienne et sociologue des sciences)

Jean Noël JOUZEL, président (sociologue)

Pierre LEBAILLY, vice-président (épidémiologiste et expologue)

Annie MARTIN (juriste)

Viviane MOQUAY (vétérinaire biologiste)

Giovanni PRETE (sociologue)

Ludovic TUDORI (chimiste)

La Commission nationale de la déontologie et des alertes en santé publique et environnement a constitué au mois de juin 2022 une formation spécifique (FS) composée de 10 experts de disciplines diverses (épidémiologie, toxicologie, expologie, chimie, biologie, ergonomie, sociologie, histoire, droit), dans le but d'« actualiser l'état des connaissances sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture (cultures et élevages) dressé en 2016 par l'ANSES (Laurent et al., 2016) en prenant en compte les travaux récents qui consolident ou complètent de manière substantielle le tableau dressé alors, en France et dans l'UE » et de « procéder à une analyse critique du processus d'expertise scientifique et technique conduit à l'échelle communautaire et des États membres en vue de la maîtrise des expositions, et formuler des recommandations pour garantir son indépendance vis-à-vis des différents porteurs d'intérêts, sa qualité scientifique et sa transparence » (lettre de mission de la FS).

La FS a défini un programme de recherche en deux temps : d'abord, réaliser une revue de la littérature scientifique sur les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture et les procédures d'expertise dans ce domaine ; ensuite mener une série d'auditions afin de faire des propositions en matière de qualité scientifique et d'impartialité de ces procédures. Le présent rapport rassemble les conclusions de la FS. Une première partie présente l'actualisation de la revue de littérature depuis 2016. Dans une seconde partie, le rapport présente une analyse critique du processus d'expertise conduit en vue de maîtriser les expositions professionnelles aux pesticides.

# Table des matières

## Table des matières

<b>Première partie</b> .....	<b>7</b>
Revue de littérature .....	7
Introduction .....	7
1. Présentation du cadre réglementaire.....	7
1.1. Les « pesticides », corpus réglementaire et processus de mise sur le marché .....	8
1.1.1. La densité du corpus réglementaire.....	8
1.1.2. Le processus de mise sur le marché .....	12
1.2. Les personnes exposées aux pesticides .....	13
2. Synthèse de la revue de la littérature en métrologie, ergonomie et expologie (2014-2022).....	18
2.1. Méthodologie .....	18
2.1.1. Bases de données et algorithme de recherche .....	18
2.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion des études et des populations .....	18
2.1.3. Sélection des études .....	19
2.2. Mesures de la contamination des travailleurs lors de l'exposition en champ .....	20
2.2.1. Données en Europe et en Amérique du Nord.....	20
2.2.1.1. Études menées en France .....	20
2.2.1.2. Les études menées dans les autres pays européens .....	21
2.2.1.3. Les études menées aux États-Unis .....	24
2.2.2. Données en Afrique, en Amérique du sud et en Asie .....	25
2.2.2.1. Études menées en Afrique.....	25
2.2.2.2. Études menées en Amérique du Sud.....	26
2.2.2.3. Études menées en Asie.....	27
2.3. Quels liens entre les données de terrain ou d'enquêtes et l'estimation réglementaire de l'exposition des professionnels agricoles aux pesticides ?.....	31
2.3.1. Études documentant le lien entre le niveau d'exposition interne estimée ou mesurée et les données toxicologiques dans une approche d'évaluation des risques .....	31
2.3.2. Études confrontant l'exposition décrite ou mesurée à celle prédite par le modèle européen AOEM.....	33
2.3.3. Études interrogeant des paramètres variés faiblement utilisés dans les modèles.....	34
2.4. Données sur les équipements de protection individuelle .....	35
3. Synthèse de la littérature SHS sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides.....	39

3.1. Les sciences sociales et l'exposition professionnelle aux pesticides : principaux constats .....	40
3.1.1. Des enquêtes par questionnaires pour objectiver l'exposition professionnelle aux pesticides et ses déterminants .....	40
3.1.2. Des enquêtes ethnographiques dans une visée critique.....	42
3.1.3. La rareté des données sur l'Europe et la France.....	44
3.2. Des analyses critiques de l'expertise et de réglementations visant à prévenir les risques d'exposition en matière d'estimation de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides .....	45
3.3. Les angles morts de la recherche en sciences sociales sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture.....	46
Conclusion.....	48
Bibliographie.....	49
<b>Deuxième partie.....</b>	<b>60</b>
Analyse critique de l'expertise en matière de maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides .....	60
Introduction .....	60
1. Contexte .....	60
1.1. Les évolutions de l'encadrement réglementaire des modalités de mesure de l'exposition professionnelle aux pesticides.....	60
1.2. La production de données d'exposition mettant en doute les modalités de l'évaluation et de la gestion des risques professionnels liés aux pesticides.....	64
1.3. Les évolutions des politiques d'évaluation et de gestion des risques des pesticides .....	66
1.4. Les transformations de l'emploi en agriculture.....	69
2. Production et accessibilité des connaissances sur l'exposition professionnelle aux pesticides .....	72
2.1. Produire des données sur les situations d'expositions considérant la diversité des personnes exposées en soutenant le développement d'études indépendantes.....	73
2.1.1. Bilan des données nouvelles produites depuis 2016 .....	73
2.1.1.1. Bilan quantitatif de la littérature scientifique .....	73
2.1.1.2. Bilan qualitatif de la littérature scientifique .....	73
2.1.1.3. Bilan de la littérature grise portant sur des études d'exposition.....	74
2.1.2. Soutien à la recherche sur la mesure des expositions des travailleurs .....	75
2.1.2.1. Dispositif de financement de projets sur les expositions des travailleurs.....	75
2.1.2.2. Bilan des projets soutenus par les institutions sur l'exposition des travailleurs .....	75
2.1.3. Expression par les institutions de priorités sur le thème des expositions des travailleurs .....	76
2.2 Favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides.....	77

2.2.1. Accessibilité des données scientifiques.....	77
2.2.2. Accessibilité des statistiques et données de la littérature grise .....	77
2.2.3. Accessibilité des données couvertes par le secret industriel .....	78
3. De la science à l'évaluation des risques : quels usages des données disponibles ? .....	78
3.1. Préambule.....	78
3.2. Sur la prise en considération, lors de l'évaluation, de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques : le cadre juridique .....	79
3.3. Quelles évolutions de l'estimation des expositions professionnelles dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides depuis le rapport ANSES 2016 ? .....	83
3.3.1. Une meilleure harmonisation des méthodes d'évaluation des expositions professionnelles entre réglementations relatives aux pesticides ?.....	83
3.3.2. Quelle réflexion indépendante sur les modèles utilisés pour estimer l'exposition professionnelle aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques ?.....	84
3.3.3. Sur la qualité des données utilisées pour estimer l'exposition professionnelle aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques .....	85
3.3.4. Une évaluation plus en prise avec les réalités statistiques du travail en agriculture ? .....	86
3.3.5. Quelle réflexion sur les valeurs par défaut utilisées dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides ? .....	86
3.3.6. Quelle réflexion autour des délais de rentrée ? .....	87
3.3.7. Comment mieux évaluer l'effet du matériel sur l'exposition ?.....	87
3.3.8. Des modèles suffisamment conservateurs ?.....	88
3.3.9. Une meilleure prise en compte des populations « particulières » ? .....	88
4. Quelles solutions de prévention pour limiter l'exposition professionnelle aux pesticides ? .....	89
4.1. Le poids des vêtements et des gants de protection dans les stratégies de prévention .....	89
4.1.1. La normalisation des vêtements de protection et ses limites .....	89
4.1.2. La normalisation des gants de protection et ses limites .....	91
4.1.3. EPI : et après ?.....	92
4.2. Former pour mieux prévenir, une solution d'évidence ? .....	93
4.3. Conclusion.....	98
5. Recommandations .....	99
5. 1. « Diminuer l'usage des pesticides avec l'objectif explicite de réduire les expositions professionnelles des personnes travaillant en agriculture » .....	99
5.2. « Produire des données sur les expositions considérant la diversité des personnes exposées en soutenant le développement d'études indépendantes ».....	100
5.3. « Favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides » .....	103

5.4. « Évaluer et agir sur l'environnement technique de l'exposition en intégrant les contraintes des utilisateurs » .....	105
5.5. « Réorganiser le conseil pour réduire les expositions aux pesticides » .....	108
5.6. « Évaluer et améliorer la qualité des formations proposées sur les expositions professionnelles aux pesticides des personnes travaillant en agriculture ».....	109
5.7. « Ouvrir une réflexion interdisciplinaire sur l'évaluation des expositions dans la procédure de mise sur le marché des pesticides, y intégrer des données de sources diverses, rendre ces données publiques ».....	111
5.9. Conclusion sur les recommandations du rapport de l'ANSES de 2016.....	114
5.10. Recommandations supplémentaires : .....	115
Références .....	117
Annexe 1 : liste des personnes et organismes auditionnés.....	121
Annexe 2 : tableaux récapitulatifs de la littérature disponible .....	122



# Première partie

## Revue de littérature

### Introduction

La FS a recensé et lu les publications scientifiques en expologie et dans le domaine des sciences humaines et sociales (sociologie, histoire, économie, ergonomie, anthropologie) parues depuis 2016 et la sortie du rapport de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) sur les expositions professionnelles aux pesticides. Le rapport de l'ANSES préconisait, entre autres, de produire de nouvelles données sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides, en particulier sur des tâches exposantes mais faiblement documentées, mais aussi de faciliter l'accès à ces données, et d'améliorer leur prise en compte dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques. Il recommandait également de « remettre en question la place accordée au port des Équipements de Protection Individuelle (EPI) comme mesure d'atténuation de l'exposition dans l'homologation des pesticides, en particulier dans les situations où les études de terrain ont montré l'incompatibilité du port d'EPI avec les conditions concrètes de l'activité » (Anses, 2016, p. 168). Qu'en est-il près de 7 années après sa publication ?

Après avoir décrit le cadre réglementaire applicable aux expositions professionnelles aux pesticides en agriculture, notre rapport présente la synthèse des études scientifiques publiées depuis la rédaction du rapport ANSES sur les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture, puis quelques éléments de conclusion orientant la suite de ses travaux.

### 1. Présentation du cadre réglementaire

Les contours matériels du cadre réglementaire sont déterminés par l'objet chimique « pesticides » d'une part et par les personnes exposées à cet objet en milieu agricole, à raison de l'activité professionnelle d'autre part.

Sur le plan spatial, ce cadre réglementaire est composé d'un ensemble de normes issues de l'ordre juridique européen (droit européen) d'abord et du droit français ensuite. Il convient de préciser que le droit européen est perméable au droit international, en particulier aux normes élaborées dans le secteur chimique par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). En effet, le droit européen applicable aux pesticides se réfère expressément à la décision du Conseil de l'OCDE relative à l'acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques<sup>1</sup>. Ce texte est un instrument de droit dur d'une portée juridique équivalente à celle d'un traité international.

---

<sup>1</sup> OCDE (1981). Décision du Conseil relative à l'acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques. OCDE/LEGAL/0194.

Les instruments normatifs développés dans ces deux espaces (européen et français) sont des règles de droit dur et des normes molles ou *soft law*<sup>2</sup>. A titre d'exemple, relèvent des règles de droit dur celles contenues dans le règlement européen 1107/2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques<sup>3</sup> (ci-après règlement PPP). Citons, parmi nombre de normes molles, les documents guides de l'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA sous l'acronyme anglais) tels que le *Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment of plant protection products*<sup>4</sup>.

Cette présentation sommaire du cadre réglementaire repose sur l'examen des règles contenues dans les textes, elle ne tient compte ni du contentieux, ni des publications doctrinales. Ce cadre est présenté en deux parties : les pesticides, corpus réglementaire et processus de mise sur le marché (1.1.) ; les personnes exposées (1.2.).

### **1.1. Les « pesticides », corpus réglementaire et processus de mise sur le marché**

En droit européen, l'article 3.10 de la directive 2009/128<sup>5</sup> sur l'utilisation durable des pesticides (ci-après directive SUD) précise que ce dernier terme couvre deux catégories de produits : les produits phytopharmaceutiques (PPP) et les biocides. Bien que la directive SUD ne le précise pas, certains médicaments vétérinaires (en particulier les anti-parasitaires externes) ont les mêmes modes d'action que des PPP ou certains biocides et entrent dans le périmètre de travail du groupe d'experts<sup>6</sup>.

Les PPP incluent principalement des insecticides, des fongicides et des herbicides. Les biocides, lorsqu'ils sont utilisés pour l'activité agricole, servent à la désinfection du matériel, des bâtiments, la protection des grains, les pédiluves, etc. Certains médicaments vétérinaires sont utilisés en élevage pour lutter contre des mycoses ou des parasitoses externes (acaricides, insecticides...) et peuvent donc être source d'exposition pour les personnes intervenant dans l'élevage.

Ces trois catégories de pesticides sont régies par des ensembles de textes différents (1.1.1.), leur arrivée sur le marché est donc subordonnée au respect de procédures différentes bien que construites sur un même modèle (1.1.2.).

#### **1.1.1. La densité du corpus réglementaire**

**Les produits phytopharmaceutiques** sont la catégorie de pesticides objet du plus grand nombre de textes. Ils sont régis, à titre principal par le règlement PPP qui a remplacé la directive 91/414/CE<sup>7</sup>.

---

<sup>2</sup> Expressions génériques désignant des instruments juridiquement non contraignants dont certains sont cependant dotés d'une réelle force normative.

<sup>3</sup> Règlement (CE) 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CE et 91/414/CE du Conseil, JO L 309 du 24.11.2009, p. 1.

<sup>4</sup> EFSA Journal 2022, 20(1). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2022.7032> (consulté le 25.01.2023).

<sup>5</sup> Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable, JO L 309 du 24.11.2009, p. 71.

<sup>6</sup> L'article L 491-1 du Code de la sécurité sociale précise, pour l'application du Titre IX relatif à l'indemnisation des victimes de pesticides, que les PPP, les biocides et certains antiparasitaires sont considérés comme des pesticides.

<sup>7</sup> Directive 91/414/CE du Conseil du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, JO L 230 du 19.8.1991, p. 1.

Le règlement PPP est complété par de nombreux instruments européens spécifiques aux produits phytopharmaceutiques. Le corpus des principaux textes adoptés pour l'application du règlement porte sur :

- la liste des substances actives approuvées<sup>8</sup> ;
- les principes uniformes d'évaluation et d'autorisation des PPP<sup>9</sup> ;
- les exigences en matière d'étiquetage de PPP<sup>10</sup> ;
- les exigences en matière de données applicables aux substances actives (deux textes)<sup>11</sup> ;
- les exigences en matière de données applicables aux PPP (deux textes)<sup>12</sup> ;
- la présentation du dossier complémentaire complet à l'EFSA, aux États membres et à la Commission<sup>13</sup> ;
- la transparence et la pérennité de l'évaluation des risques dans la chaîne alimentaire<sup>14</sup> ;
- la mise en œuvre de la procédure de renouvellement pour les substances actives<sup>15</sup> ;
- la liste des coformulants ne pouvant pas entrer dans la composition des PPP<sup>16</sup> ;
- quatre règlements adoptés en 2022 pour introduire des dispositions spécifiques aux PPP contenant des micro-organismes<sup>17</sup> ;

---

<sup>8</sup> Règlement d'exécution 540/2011 de la Commission du 25 mai 2011 portant application du règlement (CE) 1107/2009, *JO L* 153, 11.6.2011, p.1.

<sup>9</sup> Règlement (UE) 546/2011 de la Commission du 10 juin 2011 portant application du règlement (CE) 1107/2009, *JO L* 155 du 11.6.2011, p. 127.

<sup>10</sup> Règlement (UE) 547/2011 de la Commission du 8 juin 2011 portant application du règlement (CE) 1107/2009, *JO L* 155 du 11.6.2011, p. 176.

<sup>11</sup> Règlement (UE) 283/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013, *JO L* 93 du 3.4.2013, p. 1 ; Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du règlement (UE) 283/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux substances actives, conformément au règlement (CE) 1107/2009, *JO C* 95 du 3.04.2013, p. 1.

<sup>12</sup> Règlement (UE) 284/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013, *JO L* 93 du 3.04.2013, p. 85 ; Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du règlement (UE) 284/2013 de la Commission du 1<sup>er</sup> mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) 1107/2009, *JO C* 95 du 3.4.2013, p. 21.

<sup>13</sup> Règlement d'exécution (UE) 380/2013 de la Commission du 25 avril 2013 modifiant le règlement (UE) 1141/2010 en ce qui concerne la présentation du dossier complémentaire complet à l'Autorité, aux autres États membres et à la Commission, *JO L* 116 du 26.4.2013, p. 4.

<sup>14</sup> Règlement (UE) 2019/1381 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019, *JO L* 231 du 6.9.2019, p. 1. Ce règlement a modifié le règlement 1107/2009.

<sup>15</sup> Règlement d'exécution (UE) 2020/1740 de la Commission du 20 novembre 2020 établissant les dispositions nécessaires à la mise en œuvre de la procédure de renouvellement pour les substances actives, conformément au règlement (CE) 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil, et abrogeant le règlement d'exécution (UE) 844/2012 de la Commission, *JO L* 392 du 23.11.2020, p. 20.

<sup>16</sup> Règlement (UE) 2021/383 de la Commission du 3 mars 2021 modifiant l'annexe III du règlement (CE) 1107/2009, *JO L* 74 du 4.3.2021, p. 7. Ce règlement a modifié le règlement 1107/2009.

<sup>17</sup> Règlement (UE) 2022/1438, *JO L* 227 du 1.9.2022, p. 2 ; Règlement (UE) 2022/1439, *JO L* 227 du 1.9.2022, p. 8 ; Règlement (UE) 2022/1440, *JO L* 227 du 1.9.2022, p. 38 ; Règlement (UE) 2022/1441, *JO L* 227 du 1.9.2022, p. 70.

- la tenue des registres de PPP par les utilisateurs professionnels<sup>18</sup>;
- les modalités d'identification des coformulants inacceptables<sup>19</sup>.

A cette liste des règlements pris pour l'exécution du règlement PPP s'ajoutent d'autres instruments dont : les règlements sur les limites maximales de résidus de pesticides qui n'entrent pas dans le périmètre de travail du groupe d'experts, les textes relatifs aux statistiques sur les pesticides, aux substances à faible risque, aux mesures transitoires, aux substances dont on envisage la substitution, à la protection des données<sup>20</sup>, à la classification harmonisée des substances actives, etc.

Malgré le nombre important de textes européens applicables aux seuls produits phytopharmaceutiques visés par le règlement PPP, cette structure réglementaire est incomplète. En effet, bien que l'article 25.3 du règlement PPP prévoit expressément l'obligation pour l'industriel de fournir des données sur deux catégories de produits entrant dans la composition des PPP, les synergistes et les phytoprotecteurs<sup>21</sup>, la Commission n'a toujours pas adopté les règlements relatifs aux données exigibles pour ces produits. Le fait est dénoncé par le Parlement européen<sup>22</sup>.

Les **biocides** sont régis par le règlement européen 528/2012<sup>23</sup> (ci-après règlement biocides) qui a remplacé la directive 98/8/CE<sup>24</sup>. Il est complété principalement par le règlement 736/2013<sup>25</sup> sur le programme d'examen systématique de toutes les substances actives utilisées dans les produits biocides présents sur le marché à la date du 14 mai 2000. Ce programme d'examen qui a débuté sous l'empire de la directive 98/8/CE doit s'achever au 31 décembre 2024.

Les **médicaments vétérinaires** sont désormais régis par le règlement 2019/6<sup>26</sup> qui remplace la directive 2001/82/CE<sup>27</sup>. Depuis l'adoption de ce règlement, les dispositions concernant les autorisations de mise sur le marché, centralisées au niveau européen, sont désormais distinctes

---

<sup>18</sup> Règlement d'exécution (UE) 2023/564 de la Commission du 10 mars 2023 en ce qui concerne le contenu et le format des registres des produits phytopharmaceutiques tenus par les utilisateurs professionnels en application du règlement (CE) 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil, C/2023/1546 JO L 74 du 13.3.2023, p. 4.

<sup>19</sup> Règlement d'exécution (UE) 2023/574 de la Commission du 13 mars 2023 établissant les modalités d'identification des coformulants inacceptables dans les produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil, C/2023/1578, JO L 75 du 14.3.2023, p. 7.

<sup>20</sup> Communication de la Commission, *Lignes directrices techniques concernant la protection des données conformément au règlement (CE) 1107/2009*, C/2019/4624, JO C 229 du 8.7.2019, p. 1.

<sup>21</sup> L'objet du règlement PPP est selon son art. 1.2, d'établir « les règles applicables à l'approbation des substances actives, des phytoprotecteurs et des synergistes que les produits phytopharmaceutiques contiennent, ou dont ils sont composés, et les règles applicables aux adjuvants et aux coformulants ». En vertu de l'art. 3.a), les phytoprotecteurs sont des « substances ou préparations qui sont ajoutées à un produit phytopharmaceutique pour annihiler ou réduire les effets phytotoxiques du produit phytopharmaceutique sur certaines plantes ». Selon l'art. 3.b), les synergistes sont des « substances ou préparations qui, (...), peuvent renforcer l'activité de la ou des substances actives présentes dans un produit phytopharmaceutique ».

<sup>22</sup> Résolution du Parlement européen du 16 janvier 2019 sur la procédure d'autorisation des pesticides par l'Union (2018/2153(INI)), JO C 411 du 27.11.2020, p. 48, spéc. p. 65.

<sup>23</sup> JO L 167 du 27.6.2012, p. 1.

<sup>24</sup> JO L 123 du 24.4.1998, p. 1.

<sup>25</sup> Règlement délégué (UE) 736/2013 de la Commission du 17 mai 2013 modifiant le règlement (UE) 528/2012 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la durée du programme de travail de l'examen des substances actives biocides existantes, JO L 204 du 31.7.2013, p. 25

<sup>26</sup> Règlement (UE) 2019/6 du Parlement européen et du Conseil du 11 décembre 2018 relatif aux médicaments vétérinaires et abrogeant la directive 2001/82/CE, JO L 4 du 7.1.2019, p. 43.

<sup>27</sup> Directive 2001/82/CE du Parlement européen et du Conseil du 6 novembre 2001 instituant un code communautaire relatif aux médicaments vétérinaires, JO L 311 du 28.11.2001, p. 1.

de celles relatives aux médicaments à usage humain. Les procédures applicables aux médicaments vétérinaires visées par le règlement (UE) 2019/6 sont donc supprimées du règlement 726/2004 qui les contenait auparavant et qui ne concerne désormais que les procédures de l'Union pour l'autorisation et la surveillance des médicaments à usage humain et institue une Agence européenne des médicaments (EMA sous l'acronyme anglais)<sup>28</sup>. L'EMA demeure néanmoins l'agence européenne chargée de coordonner les ressources scientifiques existantes mises à sa disposition par les États membres en vue de l'évaluation, de la surveillance et de la pharmacovigilance des médicaments vétérinaires.

Ce règlement 2019/6 est complété par quelques textes qui portent sur :

- les bonnes pratiques de pharmacovigilance<sup>29</sup> ;
- les bonnes pratiques de distribution des substances actives utilisées comme matières premières dans les médicaments vétérinaires<sup>30</sup> ;
- les bonnes pratiques de distribution des médicaments vétérinaires<sup>31</sup> ;
- la collecte de données sur le volume des ventes de médicaments antimicrobiens et leur utilisation chez l'animal<sup>32</sup> ;
- la base de données de l'Union sur les médicaments vétérinaires<sup>33</sup>.

Le règlement 2019/6 prévoit expressément l'hypothèse d'un conflit entre textes lorsqu'un médicament vétérinaire relève également du champ d'application du règlement biocides ou du règlement 1831/2003<sup>34</sup> sur les additifs dans l'alimentation animale. Dans ce cas, le règlement 2019/6 prévaut (art. 3).

Ceci précisé, le règlement PPP et le règlement biocides renvoient expressément à trois textes généraux avec lesquels il faut les combiner : la directive SUD actuellement en cours de révision, le règlement (CE) n° 1272/2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges (ci-après règlement CLP)<sup>35</sup> en vertu duquel l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) intervient dans le processus d'approbation des substances

---

<sup>28</sup> JO L 136 du 30.4.2004, p. 1.

<sup>29</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/1281 de la Commission du 2 août 2021 portant modalités d'application du règlement (UE) 2019/6 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les bonnes pratiques de pharmacovigilance et le format, le contenu et le résumé du dossier permanent du système de pharmacovigilance pour les médicaments vétérinaires, JO L 279 du 3.8.2021, p. 15

<sup>30</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/1280 de la Commission du 2 août 2021 concernant les mesures relatives aux bonnes pratiques de distribution des substances actives utilisées comme matières premières dans les médicaments vétérinaires conformément au règlement (UE) 2019/6 du Parlement européen et du Conseil, JO L 279 du 3.8.2021, p. 1.

<sup>31</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/1248 de la Commission du 29 juillet 2021 concernant les mesures relatives aux bonnes pratiques de distribution des médicaments vétérinaires conformément au règlement (UE) 2019/6 du Parlement européen et du Conseil, JO L 272 du 30.7.2021, p. 46.

<sup>32</sup> Règlement délégué (UE) 2021/578 de la Commission du 29 janvier 2021 complétant le règlement (UE) 2019/6 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences relatives à la collecte de données sur le volume des ventes de médicaments antimicrobiens et sur l'utilisation de ceux-ci chez l'animal, JO L 123 du 9.4.2021, p. 7.

<sup>33</sup> Règlement d'exécution (UE) 2021/16 de la Commission du 8 janvier 2021 établissant les mesures nécessaires et les modalités de fonctionnement pour la base de données de l'Union sur les médicaments vétérinaires (base de données de l'Union sur les médicaments), JO L 7 du 11.1.2021, p. 1.

<sup>34</sup> Règlement (CE) 1831/2003 du Parlement européen et du Conseil du 22 septembre 2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux, JO L 268 du 18.10.2003, p. 29.

<sup>35</sup> JO L 353, 31.12.2008, p. 353.

actives et le règlement REACH<sup>36</sup>. En revanche, le règlement 2019/6 relatif aux médicaments vétérinaires ne renvoie pas à ces textes généraux.

### **1.1.2. Le processus de mise sur le marché**

Les trois catégories de pesticides sont des produits issus du mélange d'une « substance active » et d'autres substances ou mélanges de substances. En termes généraux, les règlements 1107/2009, 528/2012 et 2019/6 instaurent des procédures dont le point, à la fois commun et central, est de faire peser sur l'industriel la charge de la preuve des effets de la substance active et du produit final qu'est le pesticide la contenant.

L'objet précis de la preuve varie selon le pesticide, mais peut être résumé à la sécurité sanitaire et environnementale et à l'efficacité.

Le moyen de preuve prévu par les textes est constitué par des dossiers contenant les données scientifiques résultant d'essais sur la substance prise isolément et sur au moins un produit fini représentatif contenant cette substance. Les essais doivent, en principe, être réalisés conformément aux méthodes décrites dans des instruments normatifs complémentaires (par exemple dans le règlement 440/2008<sup>37</sup> en ce qui concerne les biocides, Annexe 2, § 5 du règlement biocides).

Ce sont les dossiers contenant notamment les données scientifiques qui sont évalués par les autorités réglementaires.

Dans le cas des PPP et des biocides, la procédure se décompose en deux phases : les substances actives sont l'objet d'une procédure dite d'approbation centralisée au niveau de l'Union européenne<sup>38</sup> (ou de renouvellement de l'approbation à son expiration ou de réexamen pendant la période de validité de l'approbation), tandis que la formulation complète, le pesticide, est l'objet d'une procédure nationale dite de mise sur le marché. La procédure d'approbation centralisée commence par la remise des dossiers par l'industriel, aux autorités compétentes d'un ou plusieurs États membres rapporteurs (EMR) (l'ANSES en France). Ces autorités nationales doivent évaluer le dossier de demande d'approbation afin de déterminer si la substance satisfait aux critères posés par les règlements européens. Après avoir traité les demandes de confidentialité de l'industriel et respecté les règles européennes d'accès du public au dossier, les autorités nationales remettent à l'agence européenne compétente (l'EFSA pour les PPP, l'ECHA pour les biocides) un projet de rapport d'évaluation. L'agence européenne évalue le dossier à son tour et rend un avis sur la base duquel la Commission adopte un règlement par lequel elle décide d'approuver ou de renouveler ou non la substance active. Par la suite, les formulations contenant les substances actives approuvées au niveau de l'UE sont l'objet d'une

---

<sup>36</sup> Règlement (CE) 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil du 18 décembre 2006 concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), instituant une agence européenne des produits chimiques, modifiant la directive 1999/45/CE et abrogeant le règlement 793/93 du Conseil et le règlement (CE) 1488/94 de la Commission ainsi que la directive 76/769/CE du Conseil et les directives 91/155/CE, 93/67/CE, 93/105/CE et 2000/21/CE de la Commission, *JO L* 396 du 30.12.2006, p. 1.

<sup>37</sup> Règlement (CE) 440/2008 de la Commission du 30 mai 2008 établissant des méthodes d'essai conformément au règlement (CE) 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH), *JO L* 142 du 31.5.2008, p. 1-739.

<sup>38</sup> Les synergistes et phytoprotecteurs entrant dans la composition d'un PPP sont également soumis à cette procédure d'approbation selon l'art. 25 du règlement PPP.

procédure d'autorisation au niveau national (ou européen pour les biocides<sup>39</sup>). En France, pour les PPP cette procédure est régie par les articles L 253-1 et s., R253-1 et s. du Code rural et de la pêche maritime. Elle est régie par deux décrets pour les biocides<sup>40</sup>.

Parallèlement à cette évaluation du dossier de demande d'approbation par les EMR et l'EFSA ou l'ECHA selon le pesticide concerné, l'ECHA procède à l'examen de la classification de la substance conformément au règlement CLP. Concrètement, l'ECHA doit, au regard du dossier produit par l'industriel et « d'autres données et informations disponibles » (§ 3.6 annexe 2 du règlement PPP par exemple) se prononcer sur certains effets sanitaires et environnementaux de la substance active qui s'opposent, en principe, à l'approbation de la substance : mutagénicité, cancérogénicité, toxicité pour la reproduction, perturbation endocrinienne, caractère pathogène pour l'homme de la souche d'un micro-organisme, persistance, bioaccumulation, potentiel de propagation dans l'environnement.

Dans le cas des médicaments vétérinaires, le règlement 2019/6 instaure cinq procédures de mise sur le marché (art. 6) dont une procédure centralisée dans laquelle l'EMA joue un rôle déterminant (art. 42 à 45). Dans le cadre de cette procédure centralisée, c'est à l'EMA que l'industriel doit soumettre un dossier démontrant la qualité, la sécurité et l'efficacité du médicament. Le dossier qui doit notamment contenir des données scientifiques (détaillées dans une très longue annexe 2) est évalué par le comité des médicaments vétérinaires de l'agence qui rend un avis sur la base duquel la Commission adopte un règlement pour octroyer ou refuser l'autorisation de mise sur le marché.

## 1.2. Les personnes exposées aux pesticides

La recherche des règles destinées à protéger les personnes contre une exposition aux pesticides en milieu agricole est révélatrice d'un problème de fond, à savoir l'articulation entre deux blocs de textes, ceux spécifiques aux pesticides et ceux spécifiques à la Santé et à la Sécurité au Travail (SST).

Ce problème d'interface entre ces deux blocs réglementaires est connu des États et des institutions européennes. C'est l'une des questions abordées dans le cadre de la *Stratégie pour la durabilité dans le domaine des produits chimiques*<sup>41</sup>. Les documents de travail de la Commission pointent par exemple la nécessité « d'accroître la cohérence et de simplifier le cadre juridique », le besoin de clarifier « l'interface entre REACH et la législation sur la sécurité et la santé au travail (...) afin d'améliorer la protection des travailleurs contre l'exposition aux substances chimiques dangereuses »<sup>42</sup>. La Commission a également repéré des lacunes sur

---

<sup>39</sup> L'art. 17.2 du règlement biocide prévoit des demandes d'autorisation nationales de mise sur le marché et des demandes d'autorisation de l'Union.

<sup>40</sup> Décret n° 2014-1175 du 13 octobre 2014 relatif aux procédures d'approbation, de mise à disposition sur le marché et de déclaration des produits biocides et des substances actives biocides, *JORF* n° 239 du 15.10.2014 ; Décret n° 2016-859 du 29 juin 2016 relatif aux procédures d'approbation, de mise à disposition sur le marché ainsi que de déclaration des produits et des substances actives biocides, *JORF* n° 151 du 30.06.2016.

<sup>41</sup> Commission Européenne, *Stratégie pour la durabilité dans le domaine des produits chimiques. Vers un environnement exempt de substances toxiques*, COM (2020) 667 final, 14.10.2020.

<sup>42</sup> Commission Staff Working Document, *Synopsis report summarising the feedback received in the context of the Chemicals Strategy for Sustainability Accompanying the document Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*, SWD/2020/248 final, 14 oct. 2020.

l'identification et la classification des perturbateurs endocriniens en milieu professionnel<sup>43</sup> et reconnu que l'évaluation des risques cumulatifs conformément aux exigences du règlement PPP n'a pas été systématiquement réalisée car la méthodologie n'est pas encore disponible<sup>44</sup>. Enfin, selon le *Joint Research Centre* de la Commission, il n'existe pas d'évaluation prospective des risques concernant les substances chimiques liées à divers secteurs réglementaires et/ou utilisations, et bien que de nombreux produits chimiques relèvent de plusieurs cadres réglementaires (biocides, pesticides, REACH...), le potentiel de co-exposition est à peine évalué ou pris en compte dans leur évaluation des risques<sup>45</sup>. Cette situation est due au manque d'exigences réglementaires et de coordination entre les secteurs et les organismes de réglementation, ainsi qu'à l'absence ou au caractère incomplet des données sur la toxicité et l'exposition<sup>46</sup>.

C'est donc dans un contexte réglementaire en cours d'évaluation et susceptible d'évolutions que la FS va travailler et la Commission a d'ores et déjà annoncé qu'elle « renforcera la protection des travailleurs »<sup>47</sup>.

Ceci précisé, le règlement biocides et le règlement PPP se réfèrent expressément à des règles sur la sécurité au travail, mais de façon différenciée.

L'article 2.3 du règlement biocides délimite son champ d'application en précisant qu'il « s'entend sans préjudice » de divers instruments, dont :

- la directive 89/391/CE<sup>48</sup> sur les mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs,
- la directive 98/24/CE<sup>49</sup> concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail,
- la directive 2000/54/CE concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail<sup>50</sup>,
- et la directive 2004/37/CE concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes ou mutagènes au travail<sup>51</sup>.

---

<sup>43</sup> Commission Staff Working Document *Fitness Check on endocrine disruptors Accompanying the document Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*, SWD (2020) 251 final, 14 oct. 2020, pp. 41-42.

<sup>44</sup> Commission Staff Working Document, *Progress report on the assessment and management of combined exposures to multiple chemicals (chemical mixtures) and associated risks Accompanying the document Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment*, SWD/2020/250 final, 14 oct. 2020, p. 16.

<sup>45</sup> Id., p. 24.

<sup>46</sup> Id., p. 26.

<sup>47</sup> Commission Européenne, *Stratégie pour la durabilité dans le domaine des produits chimiques. Vers un environnement exempt de substances toxiques*, COM (2020) 667 final, 14 oct. 2020, p. 15 et 16

<sup>48</sup> Directive 89/391/CE du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail, JO L 183 du 29.6.1989, p. 1.

<sup>49</sup> Directive 98/24/CE du Conseil du 7 avril 1998 concernant la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques liés à des agents chimiques sur le lieu de travail, JO L 131 du 5.5.1998, p. 11.

<sup>50</sup> Directive 2000/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail, (septième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CE), JO L 262 du 17.10.2000, p. 21.

<sup>51</sup> Directive 2004/37/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérigènes ou mutagènes au travail, Directive 2004/37/CE du Parlement européen



En revanche, dans le règlement PPP, l'articulation avec d'autres textes est inscrite dans le considérant 47 selon lequel le règlement s'applique « sans préjudice des autres actes législatifs communautaires, en particulier » et dans l'ordre suivant :

- la directive SUD,
- la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE<sup>52</sup>,
- le règlement 396/2005<sup>53</sup> sur les limites maximales de résidus de pesticides,
- « la législation communautaire concernant la protection des travailleurs et de toute personne concernée par l'utilisation confinée et la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés ».

La protection des travailleurs arrive en avant-dernière position et les textes pertinents sur ce point ne sont pas précisément identifiés alors que le considérant 47 spécifie le numéro des autres textes. La place faite à l'articulation du règlement PPP avec les règles de protection de la santé et de la sécurité au travail n'a pas pour conséquence d'exclure le jeu de ces dernières. En revanche, le caractère très général de l'expression « législation communautaire concernant la protection des travailleurs » contraint tant l'interprète que les destinataires du règlement et les employeurs, à rechercher cette législation, à l'identifier précisément. Autrement formulé, le règlement PPP ne rend pas très visible la réglementation sur la santé et à la sécurité au travail.

L'article 3.25 du règlement PPP qui donne la définition de l'« utilisateur professionnel » renvoie, non à la législation sur la sécurité au travail, mais à la directive SUD. Selon le règlement PPP, l'« utilisateur professionnel » est défini par l'article 3.1 de cette directive comme : « toute personne qui utilise des pesticides au cours de son activité professionnelle, et notamment les opérateurs, les techniciens, les employeurs et les indépendants, tant dans le secteur agricole que dans d'autres secteurs. ».

La recherche sur eurlex de l'expression « protection des travailleurs » (limitée aux règlements, directives, à l'exclusion des versions consolidées, des rectificatifs et de la jurisprudence) renvoie 240 résultats pour la période du 1.01.1989 au 30.09.2022.

Parmi ces résultats, quatre directives supplémentaires sont pertinentes eu égard au périmètre de travail du groupe.

- la directive 2009/161<sup>54</sup> sur la liste de valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle qui ne fixe pas des valeurs juridiquement contraignantes ;

---

et du Conseil du 29 avril 2004 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents cancérogènes ou mutagènes au travail (sixième directive particulière au sens de l'article 16, paragraphe 1, de la directive 89/391/CE du Conseil) (version codifiée), JO L 158 du 30.4.2004, p. 50.

<sup>52</sup> Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, JO L 327 du 22.12.2000, p. 1.

<sup>53</sup> Règlement (CE) 396/2005 du Parlement européen et du Conseil du 23 février 2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale et modifiant la directive 91/414/CE du Conseil, JO L 70 du 16.3.2005, p. 1.

<sup>54</sup> Directive 2009/161/UE de la Commission du 17 décembre 2009 établissant une troisième liste de valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle en application de la directive 98/24/CE du Conseil et portant modification de la directive 2000/39/CE de la Commission, JO L 338 du 19.12.2009, p. 87.

- la directive 92/85<sup>55</sup> sur l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleuses enceintes, accouchées ou allaitantes au travail ;
- la directive 94/33<sup>56</sup> relative à la protection des jeunes au travail ;
- la directive 92/58<sup>57</sup> sur la signalisation de sécurité et/ou de santé au travail.

Dans la mesure où les directives doivent être transposées en droit français, il conviendra de vérifier si et comment elles le sont et comment ces règles sont prises en considération dans le processus d'approbation des substances et d'autorisation de mise sur le marché.

Il faut enfin articuler ces règles de SST avec les dispositions de protection des travailleurs contenues dans les textes spécifiques aux pesticides.

En résumé, l'autorisation de mise sur le marché d'un PPP ou d'un biocide peut être conditionnée par la mise en œuvre de mesures de protection, dont le port d'EPI, même si ces derniers ne sont ni la seule mesure de protection envisagée ni la première mesure de prévention à mettre en place dans les textes<sup>58</sup>.

Par exemple, l'article 19.1. a) et b) iii) du règlement biocides dispose qu'une substance active entrant dans la composition d'un produit biocide est approuvée, s'il « est établi », lors de l'évaluation du dossier de l'industriel, que le produit biocide « n'a pas, lui-même ou à cause de ses résidus, d'effet inacceptable immédiat ou différé sur la santé humaine, y compris celle des groupes vulnérables ». L'autorité réglementaire qui évalue le dossier doit, selon l'article 19.2, tenir compte de divers facteurs<sup>59</sup> dont « les conditions réalistes les plus défavorables dans lesquelles le produit biocide peut être utilisé » et respecter les principes d'évaluation définis dans l'annexe VI du règlement. Une lecture rapide du règlement (art. 19) suggère que le biocide ne peut obtenir d'autorisation de mise sur le marché que s'il n'a pas « d'effet inacceptable immédiat ou différé sur la santé humaine ». Le contenu de l'annexe VI montre qu'en réalité, l'autorité réglementaire qui évalue le dossier peut conclure que des mesures de protection sont le seul moyen de satisfaire l'exigence d'absence « d'effet inacceptable immédiat ou différé sur la santé humaine » et, « lorsque l'exposition ne peut être empêchée par d'autres moyens », préconiser « l'application de mesures de protection individuelles comprenant le port d'un équipement individuel » (Annexe VI, § 62).

---

<sup>55</sup> Directive 92/85/CE du Conseil du 19 octobre 1992, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleuses enceintes, accouchées ou allaitantes au travail (dixième directive particulière au sens de l'article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CE), *JO L* 348 du 28.11.1992, p. 1.

<sup>56</sup> Directive 94/33/CE du Conseil du 22 juin 1994, relative à la protection des jeunes au travail, *JO L* 216 du 20.8.1994, p. 12.

<sup>57</sup> Directive 92/58/CE du Conseil, du 24 juin 1992, concernant les prescriptions minimales pour la signalisation de sécurité et/ou de santé au travail (neuvième directive particulière au sens de l'article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CE), *JO L* 245 du 26.8.1992, p. 23.

<sup>58</sup> Le règlement biocides évoque par exemple, au titre des mesures de prévention et de protection : « la conception de procédés de travail, des contrôles techniques, l'utilisation des équipements et des matériels adéquats, l'application de mesures de protection collective », Annexe VI, § 62.

<sup>59</sup> Énoncés par l'art. 19.2, à savoir : les conditions réalistes les plus défavorables dans lesquelles le produit biocide peut être utilisé ; la manière dont les articles traités avec le produit biocide ou contenant ce produit peuvent être utilisés ; les conséquences de l'utilisation et de l'élimination du produit biocide ; les effets cumulés ; les effets synergiques.

Il en résulte que le produit biocide reçoit l'autorisation de mise sur le marché s'il peut avoir des effets inacceptables sur la santé humaine, mais à la condition de subordonner cette autorisation au port d'EPI.

*In fine*, la décision prise par la Commission énonce les conditions d'approbation de la substance. A titre d'exemple, la perméthrine a été approuvée au niveau européen pour entrer dans la composition des biocides, mais l'autorisation de mise sur le marché des biocides est subordonnée au port d'un « équipement de protection individuelle approprié », « lorsqu'il n'est pas possible de ramener l'exposition à un niveau acceptable »<sup>60</sup>. L'on peut bien sûr se demander ce qu'est un EPI « approprié ».

Ces EPI sont eux-mêmes l'objet d'une réglementation contenue dans les textes suivants :

- la directive 89/656 sur les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation d'équipements de protection individuelle<sup>61</sup> ;
- le règlement européen 2016/425<sup>62</sup> relatif aux équipements de protection individuelle, non spécifique au secteur agricole ;
- la norme ISO 27065 :2017 Habillement de protection — Exigences de performance pour les vêtements de protection portés par les opérateurs appliquant des pesticides et pour les travailleurs de rentrée ;
- la Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du règlement (UE) 2016/425<sup>63</sup> relatif aux équipements de protection individuelle ;
- la décision d'exécution (UE) 2021/395 de la Commission du 4 mars 2021 qui concerne notamment les vêtements de protection portés par les opérateurs appliquant des pesticides et pour les travailleurs de rentrée<sup>64</sup>.

---

<sup>60</sup> Règlement d'exécution (UE) 1090/2014 de la Commission du 16 octobre 2014 approuvant la perméthrine en tant que substance active existante destinée à être utilisée dans les produits biocides des types de produits 8 et 18, *JO L* 299 du 17.10.2014, p. 10.

<sup>61</sup> Directive 89/656/CEE du Conseil, du 30 novembre 1989, concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé pour l'utilisation par les travailleurs au travail d'équipements de protection individuelle (troisième directive particulière au sens de l'article 16 paragraphe 1 de la directive 89/391/CEE), *JO L* 393 du 30.12.1989, p. 18.

<sup>62</sup> Règlement (UE) 2016/425 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2016 relatif aux équipements de protection individuelle et abrogeant la directive 89/686/CEE du Conseil, *JO L* 81 du 31.3.2016, p. 51.

<sup>63</sup> *JO C* 209 du 15.6.2018, p. 17.

<sup>64</sup> Décision d'exécution (UE) 2021/395 de la Commission du 4 mars 2021 modifiant la décision d'exécution (UE) 2020/668 en ce qui concerne les normes harmonisées relatives aux propriétés électrostatiques des vêtements de protection, aux vêtements de protection pour les sapeurs-pompiers et les motocyclistes, à l'habillement de protection destiné à la pratique du surf, aux vêtements de protection portés par les opérateurs appliquant des pesticides et pour les travailleurs de rentrée, à l'équipement de visualisation améliorée pour des situations à risque modéré, à l'équipement d'alpinisme et d'escalade et aux vêtements de protection contre les dangers thermiques d'un arc électrique, *C/2021/1469*, *JO L* 77 du 5.3.2021, p. 35.

## **2. Synthèse de la revue de la littérature en métrologie, ergonomie et expologie (2014-2022)**

Les publications scientifiques documentant l'exposition aux pesticides des travailleurs sont limitées, en particulier en France. Le rapport d'expertise collective de l'ANSES de 2016 (Autosaisine 2011-SA-0192) intitulé « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture », ne rapportait que 12 études de mesure d'exposition en champ jusqu'en décembre 2014. Aussi, le présent Groupe de travail a souhaité compléter et mettre à jour l'inventaire des données disponibles dans la littérature pour la France et à l'échelle internationale jusqu'en 2022. Dans cette perspective, les mêmes bases de données et les mêmes algorithmes de recherche ont été utilisés pour compléter la revue de la littérature depuis 2015 jusqu'au 24 octobre 2022. Cette partie ne rapporte que les études relatives aux disciplines de la métrologie, de l'expologie et de l'ergonomie parues depuis le précédent rapport. La littérature grise n'a pas été investiguée. Trois types d'articles ont été retenus : ceux qui portaient sur des mesures d'exposition en champ, ceux relatifs aux modèles d'exposition des opérateurs utilisés lors de la mise sur le marché des substances et ceux portant sur la prévention des expositions/protection des travailleurs. Cette revue nous a permis de synthétiser l'avancée des connaissances sur les expositions aux pesticides des agriculteurs, en France et dans le monde, et en particulier la manière dont la question des EPI est considérée.

### **2.1. Méthodologie**

#### **2.1.1. Bases de données et algorithme de recherche**

Au total quatre bases de données ont été consultées, soit Scopus, Ovid (Medline), PubMed (National Library of Medicine) et Web of sciences. L'algorithme suivant a été utilisé pour chaque base de données :

```
((Occupational exposure*) AND (agricultural chemical OR agrochem* OR pesticid* OR acaricid* OR insectic* OR fungic* OR herbic* OR antiparasitic OR ectoparasiticides OR anthelmintics OR acaricides OR veterinary products OR veterinary drug OR biocid*)) AND ( : "2022"[Date - Publication]) OR ((agricultural chemical OR agrochem* OR pesticid* OR acaricid* OR insectic* OR fungic* OR herbic* OR antiparasitic OR ectoparasiticides OR anthelmintics OR acaricides OR veterinary products OR veterinary drug OR biocid*)) AND ergonom*)
```

La période de recherche a été établie du 2014/12/15 au 2022/31/12.

#### **2.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion des études et des populations**

Toutes les études françaises et internationales rapportant des données de mesure d'exposition aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture, qu'elles soient de nature métrologique (voie respiratoire, cutanée) ou bio-métrologique (urines, plasma, autres matrices biologiques) ont été sélectionnées.

Les études ne comportant que des données concernant la contamination des milieux (eau, air, sol) ou l'alimentation n'ont pas été retenues. De même que tous les articles sur les effets de santé, la toxicologie, les biocides, les enfants, les animaux, hors agriculture, écrits dans une autre langue que l'anglais et le français, et avant 2014 ont été exclus. De la même manière, les

études d'ergonomie se rapportant à la perception du risque et les études portant sur des matrices emploi-exposition ou autres outils de mesure de l'exposition utilisés dans des études épidémiologiques (méthodes d'expertise) n'ont pas été retenues dans cette partie.

Les populations incluses dans la revue de littérature comprennent les opérateurs et tous les travailleurs potentiellement exposés aux pesticides en agriculture. Toutes les expositions aux produits pesticides ont été considérées, soit par inhalation, par contact cutané et par ingestion, ainsi que toutes les différentes tâches pouvant conduire à une exposition que ce soit lors des activités de traitements, de rentrée ou de cueillette. De même, la sélection inclut tous les produits utilisés pour les cultures, l'élevage, les bâtiments, la protection des semences, etc.

### **2.1.3. Sélection des études**

Dans une première étape, les articles des quatre bases de données ont été regroupés dans l'outil en ligne RAYYAN (Ouzzani et al., 2016) pour une sélection selon les critères d'inclusion et d'exclusion. Cette sélection a été effectuée sur les titres et les résumés par les cinq lecteurs en mode aveugle. Aucun outil automatisé n'a été utilisé, à l'exception de l'outil de filtrage des titres et des résumés pour les mots-clés et les critères d'exclusion, qui a été réalisé à l'aide de RAYYAN. Après le premier examen, le texte intégral a été lu pour chaque publication retenue afin de sélectionner les études rapportant des données d'exposition. Pour cette partie, les articles ont été répartis entre les 5 lecteurs. La grille de lecture utilisée était commune pour les 5 lecteurs et elle incluait les 4 parties suivantes :

- Référence (*conflit intérêt, titre*)
- Méthodes (*pays, date de l'étude, culture, tâches, matériel, mesures d'exposition, etc.*)
- Résultats (*substance, niveau d'exposition, N, durée observation, algorithmes, déterminants de l'exposition*)
- Commentaires et autres références

Un fichier Excel a été complété avec ces informations pour chaque article et par chaque lecteur et le détail de ces lectures sera présenté dans le rapport final de ce groupe de travail.

Au total, parmi les 2 628 articles obtenus avec les requêtes des 4 bases de données, 391 articles ont été sélectionnés sur les titres et 91 articles ont été retenus pour une lecture intégrale, 10 articles ont été transférés aux experts en Sciences humaines et sociales du groupe de travail. Parmi ces 91 articles, 65 études comportaient des données de mesure d'exposition aux pesticides chez des travailleurs. Les études exclues ne rapportaient aucune donnée d'exposition et décrivaient des approches et méthodologies pour déterminer l'absorption cutanée et les utiliser dans les évaluations du risque.

La synthèse a été réalisée en 3 parties, la première portant sur les mesures de la contamination des travailleurs lors de l'exposition en champ (distinguée en deux sous parties : i) Europe et Amérique du Nord, ii) Autres parties du monde), la seconde sur l'évaluation du risque et les modèles d'exposition utilisés pour la mise sur le marché des pesticides, la troisième résumant les données récentes publiées sur les équipements de protection individuelle dans le contexte agricole.

## **2.2. Mesures de la contamination des travailleurs lors de l'exposition en champ**

### **2.2.1. Données en Europe et en Amérique du Nord**

#### *2.2.1.1. Études menées en France*

En France, seules deux études de mesure d'exposition en champ viennent s'ajouter aux 12 études identifiées dans le rapport de l'ANSES de 2016. Cinq études avaient initialement été identifiées, toutefois deux études (Lammoglia et al. (2017) et Grimbuhler et al. (2018)) ne présentaient aucune donnée d'exposition. Lammoglia et al. (2017) utilisaient des données réelles de pratiques agricoles conventionnelles et innovantes pour les modéliser et évaluer les risques pour la santé humaine, et Grimbuhler et al. (2018) comparaient différents types de vêtements de protection sans mesurer l'exposition des travailleurs. Quant à l'étude de Bresson et al. (2022), elle n'a pas été incluse car elle utilisait les données d'exposition des opérateurs de l'étude de Bureau et al. (2022) comparant les données de terrain avec ceux du modèle AOEM (Agricultural Operator Exposure Model) (Pour l'étude de Bresson, se référer à la section sur l'évaluation réglementaire de l'exposition).

Les deux études françaises menées en champ identifiées par notre recherche s'intéressaient pour l'une à la viticulture (Thouvenin et al. (2016)) et pour l'autre aux vergers de pommes (Bureau et al. (2022)). L'étude en viticulture se concentrait sur l'exposition cutanée et les tâches relatives au traitement avec l'insecticide spinosad (Spinosad SC 48%), c'est-à-dire la préparation, l'application à l'aide d'un tracteur et le nettoyage du matériel (durée moyenne de 294 min), alors que l'étude en arboriculture portait sur l'exposition cutanée et respiratoire aux fongicides captane et dithianon durant les tâches de traitement (durée moyenne de 165 min (15 min pour la préparation, 78 min pour le traitement et 10 min pour le lavage)), de rentrée (environ 30 jours après le traitement avec le captane et 52 jours après celui par le dithianon ; durée moyenne de 390 min) et de cueillette (durée moyenne de 352 min).

Le but de l'étude en viticulture était de déterminer l'efficacité du port de vêtements de protection combinés. Cette étude est décrite plus en détail dans la section sur les équipements de protection individuelle. Dans l'étude sur les vergers, le port de vêtements de protection n'était pas encadré. Ainsi, la plupart des opérateurs portaient des vêtements de protection durant les opérations de préparation (85%) et de lavage du matériel (92%), mais rarement pendant les traitements (15%). Aucun travailleur en rentrée ne portait de masque ou de combinaison, et 15% portaient des gants résistant aux coupures. Les mesures d'exposition montraient une contamination plus importante avec le captane qu'avec le dithianon, quelles que soient les voies d'exposition. Toutefois, les doses d'application ou les concentrations des produits commerciaux n'étaient pas détaillées. Les mesures de l'exposition externe confirmaient une contamination cutanée plus importante que l'inhalation, les mains étant la partie du corps la plus contaminée dans toutes les tâches effectuées. Les résultats montraient également que les travailleurs de rentrée étaient les plus exposés, surtout lors de l'éclaircissage et l'ouverture des filets anti-grêle, avec des niveaux supérieurs à ceux des opérateurs. Cela pourrait être dû à la durée plus longue des tâches de rentrée comparée aux traitements. Pour les opérateurs, les tâches de mélange et de remplissage des réservoirs (mixing/loading) ainsi que de nettoyage du matériel étaient les plus contaminantes, suggérant une variation de la contamination selon les tâches. Enfin, en raison des résidus importants sur les feuilles et les fruits à la cueillette, les

cueilleurs présentait aussi une contamination cutanée par les deux fongicides. Cette étude montre qu'il est important de considérer chaque tâche séparément pour l'exposition comme la contamination peut être très variable d'une tâche à une autre. D'ailleurs, la contamination indirecte peut s'avérer importante lors du travail en rentrée, notamment dans les vergers. De même, le port de vêtements de protection ne protège pas complètement les travailleurs puisqu'une contamination cutanée est mesurée chez tous les travailleurs.

Cette revue de la littérature sur les études françaises met en évidence l'absence de données d'exposition aux pesticides chez les travailleurs de plusieurs domaines et cultures, notamment l'élevage, l'horticulture et les semences. Aucune étude ne traite des biocides, ce qui avait déjà été constaté dans le rapport de l'ANSES de 2016. Les nouvelles données confirment que c'est l'exposition cutanée, et en particulier les mains, qui est la plus importante lors des mesures d'exposition externe. Les expositions lors des tâches de rentrée et de cueillettes peuvent également être importantes, voire plus contaminantes que les tâches durant le traitement. Il reste qu'aucune donnée n'est disponible sur l'ingestion par inadvertance. Ces données seraient d'autant plus importantes que les mains semblent la partie du corps la plus exposée et la plus contaminée par les pesticides. En résumé, ces données confirment 1) le peu ou l'absence de connaissance sur les expositions en élevage résultant de l'utilisation de biocide ou d'antiparasitaires, et 2) le caractère exposant des tâches de rentrée alors même que le salariat précaire (i.e. contrats plus ou moins courts, mais pouvant être multipliés) augmente et avec une grande variété de statut de travail.

#### *2.2.1.2. Les études menées dans les autres pays européens*

Dans les autres pays européens, 17 études de mesure d'exposition en champ viennent s'ajouter aux 54 études identifiées dans le rapport de l'ANSES de 2016. Deux études ont été menées en Espagne (Rincon et al. (2018), poivrons sous serre ; Bravo et al. (2022), culture fruitière et jardins potagers), une étude en Allemagne (Roitzsch et al. (2019), traitement des chênes), une étude en Grèce (Tsakirakis et al. (2018), serres), deux études en Irlande (Connolly et al. (2017) et (2019), horticulture d'agrément) et 11 études en Italie (Fustinoni et al. (2014), vignes ; Kennedy et al. (2015), vignes ; Aprea et al. (2016), tomates en champ ; Mandic-Rajcevic et al. (2015), (2017), (2019a), (2019b) et (2020), vignes ; Mercadante et al. (2019), vignes ; Aprea et al. (2021), plantes ornementales sous serre ; Costa et al. (2022), maraîchage sous serres).

Deux études sont expérimentales et sous serre (en conditions contrôlées). L'étude de Rincon et al. (2018) utilisait un traceur appliqué par des pulvérisateurs à dos avec trois répliques pour chaque application. Les auteurs observaient que le fait de ne pas couper la pulvérisation dans le virage augmentait l'exposition, que les parties du corps des travailleurs les plus contaminées étaient la tête et la poitrine, mais que l'application avec la lance réduisait l'exposition des jambes et des bras du côté gauche du corps, et que le côté le plus proche du feuillage était plus contaminé. Dans l'étude de Tsakirakis et al. (2018), il ne s'agissait pas d'étudier l'exposition des travailleurs : une quantité définie de tebufenozide (SC 24%) était déposée et une pression était exercée sur des gants, secs ou humides, pour simuler des tâches de rentrée. Selon ces conditions expérimentales, l'étude montrait que le temps de contact, la pression et le type de matériau influençaient la quantité de résidus transférée sur le gant. La contamination était plus importante pour le métal, puis le plastique, et enfin le bois.

Les 15 autres études ont effectué des mesures d'exposition cutanées aux pesticides, à l'exception de l'étude de Bravo et al. (2022) et de Connolly et al. (2017), qui ont seulement mesuré la dose interne par des prélèvements urinaires. Seules trois études ont mesuré l'exposition par les voies respiratoires en plus des mesures cutanées, surtout lors des tâches de traitement. Neuf études ont effectué des mesures urinaires en plus des mesures cutanées, et six études ont effectué des mesures environnementales, dont deux ont mesuré les contaminations de surface et une les résidus sur les feuilles, les trois autres ont enregistré des données climatiques (température, humidité, vent).

En résumé, la majorité des études italiennes portaient sur la viticulture, avec une même étude qui correspondait à plusieurs articles. Dans ces études, les trois mêmes substances ont été étudiées, soit le mancozèbe, le tébuconazole et le penconazole. Leurs conclusions étaient similaires, et mettaient en évidence l'importance de la contamination des mains (jusqu'à 90%) quelles que soient les tâches effectuées, ainsi que la contamination lors des tâches de rentrée aussi importante que celle des tâches de traitements. D'ailleurs, l'étude de Mercadante et al. (2019) observait une dose interne de penconazole similaire pour les travailleurs de rentrée et les applicateurs. Par ailleurs, les études de Mandic-Rajcevic et al. montraient que la présence d'une cabine sur le tracteur lors des traitements diminuait la contamination potentielle des applicateurs, et que le port de gants dans les cabines ouvertes pouvait réduire de 5 à 10 fois la contamination des mains. Elles suggéraient également que la combinaison à usage unique offrait une meilleure protection (99%) que les vêtements ordinaires (65%).

Les autres études italiennes se sont intéressées aux cultures de tomates (Aprea et al. (2016)), aux plantes ornementales en serre (Aprea et al. (2021)), ou au traitement de mancozèbe dans le maraîchage sous serre (Costa et al. (2022)). Pour la culture de tomates en champ, des mesures d'exposition cutanée et respiratoire des travailleurs appliquant de la métribuzine (granulés), de la pendiméthaline (suspension) ou du métolachlore ont été effectuées. Des résidus de ces pesticides ont été mesurés dans le lavage des mains malgré le port des gants. De plus, les résultats suggéraient que le nombre de préparations pourrait influencer la contamination respiratoire, notamment pour la métribuzine. Il y aurait également une contamination plus importante de métolachlore dans les filtres des tracteurs avec cabine. Enfin, la longueur des manches des vêtements influencerait la contamination cutanée, et le port des vêtements permettrait de réduire l'exposition par rapport à l'absence de vêtements de protection. Dans l'étude sur les plantes ornementales, la végétation était traitée au lufénuron avec une lance et les tâches de rentrée consistaient à agraffer les plantes. Les travailleurs portaient des gants en nitrile et en caoutchouc, une combinaison, des bottes, et un masque complet pour les applicateurs. Dans cette étude, le bas du corps était le plus fortement contaminé avec les avant-bras pour les travailleuses en rentrée. Toutefois, l'exposition variait selon les travailleuses en rentrée, suggérant un rôle possible de la position assise dans cette contamination. La contamination respiratoire était la plus élevée chez les applicateurs. Quant à l'étude en maraîchage sous serre, son but était de comparer l'exposition au mancozèbe lors de traitements à l'aide d'une lance et lors de la manipulation de semences traitées. Malgré une exposition cutanée plus importante pour les opérateurs que lors de la manipulation des semences, l'exposition chronique était plus élevée chez les semeuses en raison du plus grand nombre de jours en contact avec le mancozèbe (220 jours pour les semeuses vs 45 jours pour les



opérateurs). La partie du corps la plus contaminée était le cou, soit la partie non protégée par des vêtements.

L'étude hollandaise (Spaan et al. (2020)), ne s'intéressait qu'aux vêtements de protection et concluait que les facteurs importants à considérer dans les mesures d'exposition étaient le type de matériau, le type de formulation, les tâches et la méthode de mesure. Concernant les deux études mesurant seulement la dose interne de pesticides, l'étude espagnole (Bravo et al. (2002)) comparait l'exposition interne de travailleurs (57% utilisant un tracteur et 81% un pulvérisateur à dos) à celle de résidents avec des activités en lien avec des pesticides pour 6 organophosphorés et deux pyréthriinoïdes. Les concentrations urinaires étaient toutes plus élevées chez les travailleurs, à l'exception du métabolite de la cyfluthrine dont les concentrations étaient plus élevées chez les résidents. Le fait de traiter en utilisant un tracteur avec ou sans cabine influençait les concentrations urinaires des métabolites des organophosphorés, de même que le port ou non de gants lors des tâches de préparation. Quant à l'étude irlandaise (Connolly et al. (2017)) en horticulture d'ornement, elle comparait l'exposition de groupe de travailleurs utilisant un des trois types de matériel (un atomiseur à dos manuel (10-15 l), une lance pressurisée connectée à un atomiseur à dos motorisé, et un applicateur par gouttelettes contrôlées) pour traiter avec le glyphosate et un pulvérisateur à rampe monté sur un tracteur pour traiter avec du fluroxypyr. Tous les travailleurs portaient des gants lors des traitements, la plupart une combinaison Tyvek (90%) et presque tous des appareils de protection respiratoire (97%). Les concentrations urinaires étaient plus élevées pour les utilisateurs de glyphosate que ceux avec le fluroxypyr malgré la durée plus longue de traitement, et le pulvérisateur par gouttelettes contrôlées serait le matériel le plus contaminant avant l'atomiseur manuel et la lance pressurisée. Les concentrations urinaires étaient également plus élevées (1,7 fois) pour les travailleurs ayant fait une pause du fait qu'ils n'avaient pas enlevé leurs EPI durant la pause, mais également pour les travailleurs qui avaient rencontrés des problèmes durant le traitement : ajustement des buses, fuites, changement de conditions climatiques, problèmes avec les EPIs. Les pratiques de travail peuvent donc fortement influencer les expositions des travailleurs. Cette influence du comportement du travailleur (attitude de l'opérateur et les pratiques de travail) est également confirmée par l'étude de Connolly et al. (2019), qui avait pour but d'évaluer les déterminants potentiels d'exposition au glyphosate après une exposition cutanée et par une ingestion par inadvertance chez les horticulteurs. Les mesures montraient que les concentrations sur les mains et la région périorale expliquaient 40% de la variabilité des concentrations urinaires chez les travailleurs. Toutefois, l'exposition cutanée restait la voie d'absorption prédominante en comparaison à l'ingestion par inadvertance, même si cette dernière contribuait à la charge corporelle globale. Le réajustement des appareils de protection respiratoire durant les traitements pourrait être une source de contamination par transfert des gants sur la région périorale. Enfin, les mesures sur les surfaces de travail (après traitement) montraient que les contenants de pesticides présentaient les concentrations les plus importantes de glyphosate alors que les contaminations sur les volants de véhicule et les smartphones étaient beaucoup plus faibles.

Toutes ces études confirment que l'exposition par voie cutanée est prédominante, peu importe la culture, et que ce sont majoritairement les mains qui sont exposées. L'exposition par inhalation est surtout observée lors des traitements, et reste relativement faible par comparaison

avec la voie cutanée. Pour l'ingestion par inadvertance, elle peut contribuer à la charge corporelle même si la voie cutanée semble être la voie d'absorption prédominante. Toutefois, d'autres études sont nécessaires pour confirmer cette conclusion rapportée par une seule étude. De même, plusieurs cultures ou tâches ont été considérées dans ces études européennes, incluant l'horticulture, la manipulation de semences enrobées, et le traitement des chênes contre la chenille processionnaire (Roitzsch et al. (2019)), mais aucune étude ne s'est intéressée aux cultures céréalières, à l'élevage, à la cueillette ou aux vergers. Les analyses des études montrent que les mesures sont également très orientées sur les vêtements de protection, et très peu sur les autres déterminants d'exposition.

### *2.2.1.3. Les études menées aux États-Unis*

Pour les États-Unis, seulement deux études de mesure d'exposition en champ ont été identifiées en plus des 30 études du rapport de l'ANSES de 2016. L'étude de Pate et al. (2017) décrivant seulement la perception des travailleurs sur l'utilisation des masques et sur leurs formations est décrite dans la partie relative aux EPI. Les deux études retenues dans cette partie (Sankaran et al. (2015) et Jiang et al. (2016)) portaient sur la récolte des fraises trois jours après un traitement au malathion (Sankaran et al. (2015)) ou au captane (Jiang et al. (2016)). Les deux études effectuaient des mesures cutanées, mais seulement au niveau des mains et en utilisant des gants, et des mesures de résidus sur les feuilles. L'étude de Sankaran et al. (2015) observait une persistance des molécules mères sur les feuilles jusqu'à 14 jours pour le malathion et la fenprothrine, et recommandait le port de gants comme barrière de protection pour les résidus foliaires, les cueilleurs portant des gants étaient 23% moins exposés que les cueilleurs à mains nues. Pour les auteurs, l'utilisation de gants en latex comme dosimètre pour mesurer l'exposition des mains était une méthode efficace. En revanche, l'étude de Jiang et al. (2016) montrait que le contact foliaire entre les cueilleurs était très variable (jusqu'à 46%) et qu'il était préférable d'utiliser la quantité de fraises ramassées et le temps de travail pour prédire le contact foliaire des cueilleurs. Les facteurs comme l'utilisation de gants, l'expérience de travail, et le genre n'avaient que peu d'impact sur le temps de contact foliaire des cueilleurs.

Ces deux études sur l'exposition durant les tâches de cueillette confirment qu'un temps minimal est requis entre le dernier traitement et les tâches de cueillette pour réduire considérablement l'exposition des travailleurs. Il est également important de considérer la productivité des cueilleurs, soit la quantité de fruits ramassés, pour estimer le contact foliaire plutôt que seulement le temps de travail. Bien que ces conclusions se basent sur des cultures de fraises, elles peuvent très probablement s'appliquer à d'autres cultures. Les auteurs considèrent en effet que cette culture est un bon modèle en raison d'une période prolongée de récolte et d'un important contact avec les mains.

### **Points clés sur les études en champs en Europe et en Amérique du Nord depuis 2014**

- Depuis 2014, seules deux études en champ ont été réalisées en France et deux aux États-Unis, mais 18 dans les autres pays européens, et majoritairement en Italie.

- Les mesures d'exposition sont majoritairement effectuées sur les mains du fait que beaucoup d'études montrent que ce sont les parties du corps les plus exposées et les plus contaminées et contaminantes.
- La majorité des études porte sur la viticulture et le maraîchage alors qu'aucune étude ne s'intéresse aux cultures céréalières ou à l'élevage, et très peu aux vergers (1 étude française) ou aux autres cultures fruitières (2 études aux États-Unis).
- Les travaux observés sont généralement distingués en « traitement » ou en « rentrée », mais ne permettent pas de différencier des tâches plus spécifiques effectuées dans ces travaux, alors que de grandes variations d'exposition sont observées dans des tâches plus précises. Il est donc important de considérer chaque tâche séparément pour estimer et évaluer une exposition aux pesticides.
- Aucune étude ne considère les tâches concernant la logistique des pesticides, c'est-à-dire l'achat, le stockage, la gestion des déchets, etc.
- Quelques études montrent que les tâches de rentrée peuvent être tout aussi contaminantes voire plus contaminantes que les tâches durant les traitements.
- Des données très limitées sont disponibles sur les tâches de cueillette.
- L'ingestion par inadvertance n'a été considérée que dans une étude irlandaise, et montre qu'elle peut contribuer à la charge corporelle du travailleur, surtout si celui-ci fait des pauses.
- Les pratiques de travail, c'est à dire l'attitude du travailleur et les pratiques de travail, peuvent fortement influencer les expositions des travailleurs.
- Les recommandations sont très orientées sur les vêtements de protection, et les autres déterminants d'exposition sont très peu recherchés.

## **2.2.2. Données en Afrique, en Amérique du sud et en Asie**

### *2.2.2.1. Études menées en Afrique*

Une revue systématique a récemment établi un état des lieux de la recherche sur les expositions aux pesticides en Afrique subsaharienne à partir d'études publiées entre 2006 et 2021 (Fuhrmann et al., 2021). Cette revue incluait aussi bien des études de mesures environnementales (air, sol, eau), que des données diverses chez l'homme portant sur les expositions, les pratiques d'utilisation, les conséquences de santé. Parmi les 391 études retenues - couvrant des situations dans 37 pays avec une contribution majeure de l'Afrique du Sud - 49 portaient spécifiquement sur l'exposition de l'homme, et parmi elles la plupart étaient basées sur l'auto-déclaration des participants (agriculteurs ou non). Les études de mesure de l'exposition aux pesticides des travailleurs lors du travail en champ ne sont pas individualisées dans cette revue mais elles sont très peu nombreuses sur la base de notre revue. Quatre (dont une étude multi-site) étaient dénombrées dans le rapport de 2016 et 7 nouvelles ont été produites depuis, dont 3 au Ghana (par la même équipe et dans le même contexte), une en Egypte, une en Tanzanie, une au Niger, et une en Afrique du Sud. Comme avant 2016, il faut noter que la

majorité de ces études ont été menées par des investigateurs provenant d'Europe, des États-Unis ou d'Australie.

Certaines spécificités liées au contexte géographique, socio-démographique et agricole sont évoquées par les auteurs pour justifier la mise en place d'études d'exposition en champ spécifiquement dans ces pays, notamment i) les conditions météorologiques chaudes et humides qui s'accompagnent de forte transpiration lors du travail et de l'impossibilité rapportée par les travailleurs de porter des EPI, ii) le matériel de traitement qui consiste quasi exclusivement en des pulvérisateurs à dos, iii) les préoccupations concernant les expositions des adolescents qui travaillent régulièrement dans les champs, iv) l'usage de substances ayant été interdites en Europe et Amérique du Nord. Les cultures étudiées dans ces contextes africains étaient le riz (Atabila 2017, Atabila 2018, Atabila 2019), le coton (Callahan 2017), la canne à sucre (Msibi 2021) et l'horticulture (Kapeleka 2019, Illyassou 2018), principalement dans des exploitations de petite taille. Dans ces études en champ, peu ont mené des mesures globales de la contamination externe : en Afrique du Sud, seule la contamination respiratoire a été estimée (Msibi 2021), en Tanzanie l'activité de l'acétylcholinestérase a été mesurée chez des travailleurs exposés dans les champs traités (Kapeleka 2019), en Egypte des métabolites urinaires ont été mesurés chez les adolescents exposés et comparés à des adolescents ne travaillant pas dans les champs (Callahan 2017). L'étude au Niger ne mesure que la contamination externe corporelle sans prendre en compte la contamination des mains (Illyassou 2018). Une des études, menée au Ghana, avait pour objectif d'identifier des indicateurs corrélés à la contamination externe, dans la perspective de pouvoir se passer de mesures de la contamination cutanée ou respiratoire, plus coûteuses et plus complexes à déployer (Atabila A 2019). Le protocole mis en place au Ghana pour l'estimation de la contamination externe ressemblait en de nombreux points à celui des études menées en Europe et en Amérique du Nord : mesures corps entier à l'aide de combinaisons en coton pour mesurer la contamination potentielle et sous-vêtements pour estimer la contamination réelle, gants et chaussettes en coton, sans prendre en compte les conditions habituelles des tâches dans ce contexte spécifique. De plus, les mesures ont été réalisées dans des conditions particulières : le matin et en l'absence de vent, qui rendent les études menées quasi expérimentales. De la même manière l'étude au Niger a été réalisée dans des conditions contrôlées, avec un colorant traceur et sur des séquences de 10 mn standardisées sur le type de pulvérisateur et la hauteur des cultures (Illyassou 2018). Les conclusions des auteurs de ces études s'orientent vers une absence de risque pour l'homme lorsque les EPI sont portés.

#### 2.2.2.2. *Études menées en Amérique du Sud*

En Amérique du Sud, seules deux études de mesure d'exposition en champ viennent s'ajouter aux 14 identifiées dans le rapport de 2016, l'une au Mexique (vergers de pêches) (Berenstein 2015) et l'autre en Argentine (viticulture) (Lopez-Galvez 2020). Ces deux études n'exploraient que partiellement la contamination des travailleurs. L'étude en Argentine a considéré l'exposition du corps sans mesure sur les mains, et l'étude mexicaine ne mesurait que les mains et la contamination respiratoire, lors de la rentrée. L'étude en Argentine s'intéressait à une diversité d'expositions (passant, riverain, biodiversité, sols) et ne produisait que peu de résultats sur la contamination du travailleur. De plus, elle n'avait pas procédé dans des conditions réelles de travail et pouvait être considérée comme expérimentale : elle n'a réalisé que 6 mesures sur

des périodes très courtes (10 minutes) avec un seul matériel. Elle concluait néanmoins que les marges de sécurité étaient dépassées lors de l'usage de chlorpyrifos. Pour rappel, la marge de sécurité (Margin of Exposure ou MOE), est le rapport entre la dose sans effet nocif observé et la dose estimée d'absorption humaine. Si l'utilisation de ce paramètre et l'acceptabilité de sa valeur sont laissées à l'appréciation des décideurs de santé publique, certains repères ont été classiquement adoptés, notamment une valeur minimale de 100 pour les contaminants non génotoxiques<sup>65</sup>. L'étude au Mexique n'a porté que sur une seule grande exploitation. Elle a souligné l'importance des conditions de travail et en particulier du stress thermique, ainsi que des caractéristiques des travailleurs : des migrants disposant d'un bas niveau d'étude.

Au total la contribution de ces études à la connaissance des expositions des travailleurs d'Amérique du Sud est faible, dans un contexte où peu d'études étaient précédemment disponibles et souffraient également de diverses limites (mesures seulement de la contamination respiratoire, ou utilisation de traceurs ou faible nombre d'observations). L'article argentin souligne pourtant qu'il n'existe pas de scénarios pour les expositions des travailleurs agricoles, en particulier dans les petites structures de production.

### 2.2.2.3. Études menées en Asie

Alors que le rapport de l'ANSES de 2016 faisait état d'une vingtaine d'études d'exposition en champ sur le continent asiatique, 26 études sont venues s'ajouter à la littérature scientifique, majoritairement produites par la Chine (N=9), la Thaïlande (N=5) et la Corée (N=6). Les 6 autres études ont été menées en Malaisie (N=2), Inde, Turquie et Iran (N=2).

Une revue récente synthétise les études publiées entre 2007 et 2019 concernant la culture du riz dans les pays en développement et inclut des données asiatiques, les surfaces en riz se situant à 89% en Asie du Sud Est (Wong 2021). Cette revue souligne les spécificités de cette culture, produite à 96% dans des pays en voie de développement, avec 2 à 3 récoltes par an sur des terres irriguées, et un usage important d'insecticides. Le nombre de pesticides utilisables sur cette culture dans les pays en développement est plus élevé que dans les pays industrialisés et des substances interdites dans ces derniers sont encore présentes. La revue mentionne les lacunes de la réglementation et le manque de données d'exposition pour l'autorisation des substances dans ces pays et pour la recherche épidémiologique sur les effets de santé. Parmi les 22 études sélectionnées dans la revue, seules 8 études portant sur des mesures en champ chez des travailleurs sont identifiées, toutes concernant des pulvérisateurs à dos, et pour moitié n'explorant que l'application des substances. Les auteurs concluaient à la nécessité de produire des données pour des situations aujourd'hui mal documentées, à savoir une culture irriguée, nécessitant de fréquentes opérations de rentrée, dans un contexte de chaleur et d'humidité, avec des travailleurs disposant d'un bas niveau d'études.

La Chine est le pays asiatique ayant mené le plus grand nombre d'études en champ : neuf ont donné lieu à des publications entre 2014 et 2021 (Gao 2014, Cao 2018, An 2014, An 2015, An 2017, An 2019, Yan 2021, Li 2019, Ren 2017). Toutes apparaissent encadrées par des membres

---

65

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjLqP2dhYb9AhXfTKQEHf6jDC4QFnoECC0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffileadmin%2Fuser\\_upload%2Fcodexalimentarius%2Fcommittee%2Fdocs%2FINF\\_CCCF\\_e.pdf&usq=AOvVaw0mOW7eGUyQKvBiZgG53u1B](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjLqP2dhYb9AhXfTKQEHf6jDC4QFnoECC0QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffileadmin%2Fuser_upload%2Fcodexalimentarius%2Fcommittee%2Fdocs%2FINF_CCCF_e.pdf&usq=AOvVaw0mOW7eGUyQKvBiZgG53u1B)

de l'académie d'agriculture de Chine, avec des financements provenant de Fondations chinoises soutenant la recherche. Cet encadrement se traduit par des conditions contrôlées de réalisation de ces études en champ, à savoir le choix par l'académie d'agriculture des zones expérimentales (Cao 2018), des critères de sélection des agriculteurs participant aux études parmi les agriculteurs locaux (Cao 2018), la réalisation des préparations – et parfois des applications par des techniciens de l'académie (Cao 2018, An 2019, An 2014)), la standardisation du matériel et des doses appliquées (Cao 2018, Yan 2021, Li Z, An 2019), la limitation des études aux phases d'application sans prise en compte de la préparation ou du nettoyage (Cao 2018), une durée très brève des opérations – environ 10 mn (Cao 2018) ou non précisée (Li 2019). Une des études porte sur l'exposition lors de la préparation et l'application de sol contaminé avec de la clothianidine sur des surfaces agricoles en vue de les stériliser avant plantation. Cette opération ne semble pas avoir été documentée par ailleurs et est décrite comme fréquente dans les pays asiatiques (Ren 2017). Dans plusieurs de ces publications il est fait référence au besoin d'introduire dans la réglementation chinoise une évaluation du risque pour les travailleurs, selon des scénarios d'exposition différant de ceux pris en compte dans les modèles européen et nord-américain. Si le riz occupe une place importante dans ce panorama, d'autres cultures hautes ont été investiguées : le coton (hauteur 1m50, espacement des rangs de 1,1 m et des pieds de 30 cm), le maïs qui peut dépasser 1m30 de hauteur avec des rangs de 50 cm ; les haricots, les agrumes (3 mètres de haut et largeur de rang de 3m, espacement de 2 mètres).

Les résultats des études sont ici aussi généralement exprimés en marge de sécurité (Margin of exposure). L'étude menée dans le coton conclut à une marge de sécurité inférieure à 100 lorsque le traitement avec l'imidaclopride est réalisé « en marche avant » et lorsqu'on considère une absence de protection par les vêtements (Cao 2018). Dans plusieurs situations, notamment le coton et les agrumes, la marge de sécurité était très réduite, en particulier dans la culture des concombres sous serres et des agrumes (AOEL dépassée). La plupart des études chinoises concluent que des pratiques doivent être modifiées (par exemple, traiter en marche arrière plutôt qu'en marche avant, utiliser des drones pour les traitements). Par ailleurs, elles concluent aussi, que le mauvais port des EPI et le manque d'expérience des travailleurs expliquent le niveau d'exposition.

Les 6 études menées en Corée sont assez comparables aux études chinoises (Zhao 2015, Kim 2015, Lee 2022a, Lee 2022b, Lee 2018, Noh 2019) et ont exploré les cultures de pommiers, la vigne, le chou et le riz. Elles mettent en œuvre des conditions quasi expérimentales, avec des mesures partielles de la contamination des travailleurs : seulement sur les mains à la préparation (Zhao 2015, Kim 2015), doses standardisées avec un nombre réduit de travailleurs répétant la tâche (Zhao 2015 pour la préparation, Lee 2022a, Lee 2022b, Lee 2018, Noh 2019), EPI imposés aux travailleurs (Zhao 2015, Noh 2019), observations de courte durée, ne dépassant pas 1h30 (avec une hypothèse de 4 heures de travail par jour) et sur des surfaces limitées (Kim 2015, Lee 2018, Lee 2022a). De la même façon, les conclusions sont orientées vers la nécessité d'agir sur le port des EPI.

En Thaïlande, la culture du piment, des légumes, du riz et de la canne à sucre sont également confrontées au climat chaud et humide, propice aux insectes et au développement de mauvaises herbes, ce qui conduit à une répétition de traitements avec des pulvérisateurs à dos. Les applicateurs auraient tendance à dépasser les doses recommandées et à multiplier les traitements

en espérant augmenter de cette manière les rendements (Taneepanichskul 2014). Les six études ont été menées sur du maraîchage en plein champ (Mahaboonpeeti 2018, Bootsikeaw 2021, Taneepanichskul 2014, Sapbamrer 2017), sur le riz (Lappharat 2014, Khontonbut 2020), sur des systèmes de polyculture incluant la canne à sucre ou encore sur le maïs (Khontonbut 2020). Elles ne renseignent que de manière partielle la contamination externe des travailleurs : absence de documentation des phases de préparation, pas de mesure sur les mains (Konthonbut 2020), recueil de paramètres biologiques uniquement (Sapbamrer 2017). Différemment des études chinoises et coréennes, des entretiens avec les travailleurs ont généralement été menés à la fois pour documenter des effets de santé (Sapbamrer 2017, Lappharat 2014, Bootsikeaw 2014) et pour décrire les caractéristiques des tâches sur la ferme. Ces données de questionnaires permettaient de décrire les modes de protection (vieux vêtement sur le visage et la tête faisant office de protection respiratoire (Bootsikeaw 2021), vêtements à manches/jambes longues ou courtes, port de bottes, (Konthonbut 2020)), de documenter d'autres déterminants associés aux expositions (pulvérisateur à dos motorisé ou non, niveau d'études (Taneepanichskul 2014), sens du vent (Konthonbut 2020)).

Des études d'exposition ont été menées dans 4 autres pays asiatiques : en Malaisie (Rudzi 2022, Hamsan 2017), en Inde (Lari 2022), en Turquie (Sahin 2021), en Iran (Saraji 2022, Behnami 2021). Une première publication en Malaisie portait sur la contamination respiratoire de 83 riziculteurs (Hamsan 2017). Dans cette étude, le port des EPI était décrit comme quasi inexistant chez les travailleurs, et ne répondant pas aux prescriptions (vêtements de travail longs, gants, bottes, masque et chapeau à larges bords). Dans ce contexte également, les travailleurs avaient pour habitude de porter de vieux vêtements en guise de protection respiratoire. La contamination cutanée n'était pas prise en compte dans la mesure de l'exposition des travailleurs, pas même lors du calcul de la dose moyenne journalière et de sa comparaison à la dose admissible - qui était supérieure. Une deuxième publication, 5 ans après la première, met en évidence des valeurs de pesticides dans le sérum plus élevées chez les riziculteurs que dans un groupe de comparaison de 85 hommes ne travaillant pas en agriculture (Rudzi 2022) et ces niveaux étaient corrélés avec les mesures réalisées dans l'air.

En Inde, quelques observations de terrain ont été réalisées (6 travailleurs) dans des contextes variés (maraîchage, coton), dans des conditions semi-expérimentales sur des durées courtes (maximum=80 mn), qui révèlent également l'absence de port d'équipement de protection : un seul travailleur se protégeait le nez avec un mouchoir, et de mesures d'hygiène (Lari 2022).

En Iran, deux publications font état d'estimation des expositions lors du travail en champ. La première est basée sur des mesures de métabolites urinaires chez des travailleurs de la pomme de terre (3 groupes : 10 applicateurs, 10 travailleurs en champs, 10 personnes résidant à plus de 5 km des champs) et fait le lien avec l'exposition, et avec les pratiques (port de gants, de masque, durée de travail hebdomadaire) (Saraji 2022). La seconde explore les cultures de pommes, tomates, légumes, en mesurant uniquement l'exposition respiratoire à la cyperméthrine sur une heure de travail, de 42 agriculteurs et en concluant que la valeur mesurée est en dessous de la limite fixée par l'OSHA (Behnami 2021).

Enfin en Turquie, dans les vergers d'agrumes, 34 applicateurs ont donné lieu à des mesures en champ avec pour seule conclusion qu'il convient de recommander les EPI (Sahin 2021).

## Points clés sur les études en champs hors Europe et Amérique du Nord depuis 2014

- Depuis 2014, très peu d'études de mesure en champ menées en Afrique et Amérique du Sud (moins de 10), davantage en Asie (environ 25), et en particulier en Chine et en Corée du Sud dans l'objectif de constituer un modèle pour l'exposition des opérateurs utilisables lors de la mise sur le marché – dans un contexte d'évolution de la réglementation ;
- Ces pays disposent de spécificités : chaleur et humidité (pouvant entraîner un stress thermique important chez les travailleurs), et de cultures particulières comme le riz (humidité et plusieurs récoltes par an) pour lesquelles il n'existe pas de scénario d'exposition dans les modèles européen et nord-américain ;
- Pour améliorer les rendements les agriculteurs auraient tendance à augmenter les doses et à répéter les traitements (les quantités augmentent depuis quelques années) ;
- Les travailleurs ne portent pas d'EPI (mais de vieux vêtements sur le nez en guise de masque) en raison i) du coût, ii) de l'inconfort lié à la chaleur, iii) de la méconnaissance des risques ;
- Des travailleurs jeunes (enfants, adolescents) sont exposés ;
- Le matériel utilisé est presque exclusivement le pulvérisateur à dos (différents types) ;
- Les exploitations sont majoritairement de petite taille ;
- Les techniques utilisées pour mesurer la contamination externe sont celles préconisées par l'OCDE, sans adaptation particulière aux conditions locales et les études en Afrique et en Amérique du Sud sont fréquemment mises en œuvre par des équipes européennes ou nord-américaines ;
- Certaines substances étudiées ont été interdites en Europe et en Amérique du Nord, les organophosphorés, et en particulier le chlorpyrifos, ont été les plus étudiés en champ ;
- Les mesures de contamination des travailleurs sont le plus souvent partielles : seulement la voie respiratoire, ou seulement les mains..., parfois seulement des métabolites urinaires ;
- Les mesures ne concernent généralement que la phase d'application, et n'intègrent pas la préparation et le nettoyage de l'équipement, on ne dispose quasiment d'aucune donnée sur les expositions indirectes (rentrée...) ;
- Les conditions sont fréquemment quasi-expérimentales, notamment en Chine, dans des conditions très contrôlées, sur des durées brèves et avec des effectifs limités ;
- Les mesures ne sont généralement pas couplées à des observations des conditions réelles ou les impacts de santé ;
- Les déterminants de l'exposition ne sont généralement pas recherchés, ou les équipements de protection individuels seuls sont considérés ;
- Les conclusions portent le plus souvent sur le dépassement de la Marge de Sécurité (Margin of Exposure), parfois fixée simplement à 1 par rapport à l'AOEL, sans



justification du choix de la valeur de celle-ci, et sur la nécessité du port des EPI, notamment quand la marge de sécurité est dépassée.

### **2.3. Quels liens entre les données de terrain ou d'enquêtes et l'estimation réglementaire de l'exposition des professionnels agricoles aux pesticides ?**

Une quarantaine de publications ont été identifiées entre 2014 et 2022 sur ce sujet. La majorité des publications étaient portées par des équipes ou sur des terrains d'études de pays de bas niveau de revenu ou de revenu intermédiaire en Asie (près de la moitié des publications surtout en Chine et en Corée du Sud mais aussi en Iran, en Malaisie ou encore en Turquie), en Afrique (5 publications : en Afrique du sud, en Egypte, au Ghana ou encore au Niger), une seule en Argentine et le reste dans des pays riches, trois aux USA et une dizaine en Europe, majoritairement en Italie mais aussi en France, au Pays Bas et en Allemagne. Ainsi, les trois pays les plus représentés sur la période analysée étaient la Chine, la Corée du sud et l'Italie, montrant un net glissement de la conduite d'études de l'Amérique du Nord et de l'Europe vers l'Asie.

L'essentiel des études présentées ici portaient sur l'utilisation de pesticides sur cultures, deux seulement sur les expositions en rentrée sur cultures et toutes conduites aux USA, en Californie. Aucune étude n'a été retrouvée confrontant l'exposition à des biocides utilisables en agriculture (à l'exception de l'étude allemande sur le traitement de chênes, (Roitzsch 2019)) ou l'utilisation d'antiparasitaires sur animaux d'élevage.

Les données issues des études de terrain étaient principalement comparées aux données toxicologiques (notamment la Dose Sans Effet) produites dans le cadre de l'approbation. Quelques études (Mandic-Rajcevic 2015 ; Wong 2018 ; Bresson 2022) ont cherché à comparer les données de terrain aux données prédites par le modèle européen AOEM afin de déterminer si ce modèle était conservateur dans toutes les situations. De façon plus disparate, quelques études se sont intéressées à des situations particulières comme la co-exposition du fait de la proximité d'un opérateur avec un autre opérateur, du niveau d'exposition respiratoire, de l'exposition lors de l'enrobage de semences ou de populations plus vulnérables (adolescents, adultes illettrés), etc.

#### **2.3.1. Études documentant le lien entre le niveau d'exposition interne estimée ou mesurée et les données toxicologiques dans une approche d'évaluation des risques**

En Chine, le besoin d'études de terrain a été décidé en 2009 afin de créer un *China Predictive Operator Exposure Model (CPOEM)* sur la base des modèles américains (PHED), anglais (UK-POEM), allemand (German) ou plus récemment européen (EUAOEM) mais adapté au contexte chinois en termes de cultures (coton notamment) et de conditions de traitement (pulvérisateurs manuels essentiellement même pour des cultures comme le blé ou le maïs). Des études de terrain ont donc débuté en 2012 tout d'abord sur le maïs (An 2014), puis sur le blé (Cao 2015), le concombre sous serres (An 2015) et en arboriculture sur agrumes (An 2019) ou encore sur le coton (Cao 2018).

D'autres études de terrain concernant uniquement l'utilisation de pesticides sur cultures et plus ou moins contrôlées (EPI imposés par exemple), ont également été conduites dans d'autres pays

asiatiques (Corée du Sud, Iran, Malaisie, Thaïlande et Turquie), africains (Ghana et Niger), d'Amérique latine (Argentine) ou européens (Italie) et ont comparé les niveaux d'expositions mesurés aux doses sans effet toxicologique.

Globalement, les expositions cutanées et inhalées étaient mesurées simultanément, quelques études mesuraient l'imprégnation urinaire mais, certaines fois, il ne s'agissait que de l'exposition cutanée et d'autres que de l'exposition inhalée. Un des objectifs de ces études était donc de confronter la dose sans effet avec la mesure afin de définir le ratio entre les deux. Selon la valeur de ce ratio, le risque était défini comme acceptable ou non. Afin d'estimer la dose absorbée, les auteurs intégraient, outre la quantité détectée à partir des mesures de terrain, différents paramètres comme des coefficients de pénétration des vêtements de travail ou de protection, les quantités de pesticides manipulées, le taux de pénétration cutanée, le poids corporel des opérateurs. Les données issues des USA (modèle PHED) ou de l'EFSA (modèles UK-POEM, AOEM...) étaient souvent mobilisées pour fournir des coefficients de pénétration de vêtements ou des doses sans effets ou encore des taux de pénétration cutanée.

Pour toutes ces études de terrain, le nombre d'observations était assez faible allant de 4 à 20 applicateurs, les opérateurs étaient souvent surveillés, notamment pour celles conduites en Chine ou en Afrique, et certaines phases étaient réalisées par des techniciens certifiés et surtout la durée d'observation était souvent très réduite, environ 10 à 15 minutes incluant ou pas la phase de préparation, et donc non représentative de la durée réelle des tâches observées. Selon les cas de figures, en Chine par exemple, le risque, estimé comme le rapport entre une dose sans effet identifiée par l'approbation et la dose interne estimée, était défini comme acceptable sur blé avec l'imidaclopride avec une marge de sécurité supérieure à 7500 (Cao 2015) ou très élevé avec le chlorothalonil ou le chlorpyrifos sur concombres en serres avec une marge de sécurité inférieure à 0,2 (An 2015). Il est important de noter que les doses sans effets mobilisées étaient très variables et dépendaient des molécules mais aussi du type de toxicité prise en compte rendant difficile une conclusion un peu générale. Pour exemple, l'évaluation du risque réalisé en Chine pour l'imidaclopride appliqué sur blé (Cao 2015) ou coton (Cao 2018) avec une DSE=5,7 mg/kg/jour, concluait à un risque très acceptable alors que le chlorpyrifos ou le chlorothalonil appliqués sur concombres en serres en Chine (An 2015) ou sur pêcheurs en Argentine (Berenstein 2015) avec une DSE de 0,001 mg/kg/jour concluaient à un risque très important avec un ratio inférieur à 0,2.

Partant du constat que l'exposition professionnelle aux pesticides est fluctuante d'une journée à l'autre mais également pour un même type de culture, des auteurs (Kim 2015) ont mobilisé des références issues de la contamination alimentaire pour proposer une approche probabiliste plus « réaliste » que les études de terrain ponctuelles pour estimer l'exposition professionnelle aux pesticides. Pour cela, ils ont conduit une étude de terrain en conditions semi expérimentales sur la préparation et l'application d'une strobilurine (Kresoxim-methyl) en verger de pommiers en Corée du Sud. Pour la phase de préparation, l'exposition cutanée n'a été mesurée que sur les mains par le port de gants en coton. Pour l'application, des patchs ont été portés sur les différentes parties du corps au-dessus du vêtement de protection et des gants et chaussettes en coton étaient également portés ainsi qu'une pompe pour la fraction inhalée. Un réplica correspondait en deux phases de préparation ou en deux phases d'application, 30 réplicas ont été réalisés avec un nombre d'opérateurs non précisé et sur une période également non précisée.

Chaque phase de préparation consistait à verser 1 paquet de 167 g de kresoxym dans une cuve de 500 litres, ce qui prenait entre 9 et 18 min. Chaque application consistait à traiter 0,2 ha ce qui prenait entre 24 et 48 min. Cette série de données a été utilisée par une méthode de simulation de Monte Carlo pour prédire les expositions des différentes parties du corps et prendre en compte la nature de la distribution des valeurs. Les données produites ont permis de déterminer la distribution de la marge de sécurité estimée à 30 avec une probabilité quasi nulle qu'elle soit inférieure à 1. Les auteurs soulignent que ce résultat est dû à la faible toxicité du kresoxym méthyl (Dose sans effet de 0,9 mg/kg/jour) et à son faible taux de pénétration cutané (13%). Dans le même ordre d'idée, une modélisation a été conduite par des chercheurs américains (Pouzou 2018) et confrontée à l'estimation, par le modèle PHED, de l'exposition lors de l'application de pesticides en arboriculture. L'idée est qu'il faudrait sans doute mieux proposer une distribution de valeurs d'exposition pour l'approbation plutôt qu'une valeur unique (rapport Dose sans effet / exposition ponctuelle estimée) pour être plus informatif et plus protecteur pour les populations exposées. Les modélisations conduites sur 3 pesticides (azinphos méthyl, acétamipride et emamectin benzoate) ont montré un dépassement des valeurs critiques pour 5% à 54% des observations selon le pesticide considéré.

### **2.3.2. Études confrontant l'exposition décrite ou mesurée à celle prédite par le modèle européen AOEM**

En Italie (Mandic-Rajcevic 2015), une étude de terrain a été conduite en 2011 auprès de sept viticulteurs (douze journées de traitement dont dix avec un pulvérisateur motorisé, sans cabine pour huit d'entre eux) utilisant le tébuconazole. Les expositions cutanées mesurées ont été confrontées au modèle allemand utilisé en Europe à cette époque pour estimer l'exposition lors de l'approbation. Les auteurs concluaient à une sous-estimation de l'exposition par le modèle pour une des douze journées et une forte surestimation de l'exposition pour trois journées.

Une analyse originale a été conduite (Wong 2018) afin de prédire l'exposition cumulée aux pesticides sur une année dans trois pays européens choisis pour représenter les trois zones géographiques définies par l'EFSA pour l'approbation des pesticides (Zone Nord seulement représentée par la Lituanie, Zone Centre représentée par la Grande Bretagne mais trois autres pays avaient participé, la Belgique, les Pays Bas et la Pologne et la zone Sud représentée par la Grèce, l'Espagne et l'Italie avaient également participé). Les données utilisées proviennent d'enquêtes conduites en 2012-2013 sur les pratiques d'utilisation de pesticides dans ces huit pays européens (ni la France, ni l'Allemagne n'étaient représentés) sur 400 fermes et 645 matériels de traitement fournissant un descriptif de plus de 36 000 traitements. L'estimation de l'exposition sur une année entière a été conduite pour deux types de production, les grandes cultures pour les 3 pays et l'arboriculture pour la Grande Bretagne et la Grèce et pour 10 fermes par système, choisies pour représenter la distribution des surfaces cultivées du pays concerné en utilisant les données d'enquête permettant de renseigner le modèle AOEM. Le nombre total de pesticides différents utilisés sur une année variait de 4 à 66 pour les grandes cultures (pour une quantité variant de 3 à 3 000 kg) et de 3 à 41 en arboriculture (pour une quantité variant de 2 à 1000 kg). Les surfaces traitées fixées par le modèle AOEM pour les grandes cultures et l'arboriculture sont de 50 ha et 10 ha respectivement alors que les 95<sup>ème</sup> percentiles décrits dans cette étude étaient de 132 ha et de 19 ha en Grande Bretagne conduisant à une sous-estimation de l'exposition quotidienne pour environ 25% des observations. Entre 20% et 70% des

agriculteurs de l'étude appliquant des pesticides sur grandes cultures avaient au moins une journée de traitement dépassant la dose sans effet, ce pourcentage passait à 80-90% pour les arboriculteurs.

Plus récemment (Bresson 2022), une étude française a recherché s'il existait une corrélation entre l'exposition mesurée sur le terrain auprès de 30 pomiculteurs utilisant des fongicides (captane et/ou dithianon) avec pulvérisateurs motorisés, tous sauf trois avec une cabine (Bureau 2022) et l'exposition calculée par le modèle européen AOEM. Une corrélation, forte aux phases de préparation et faible aux phases d'application, a été retrouvée. Le modèle ne peut cependant pas être jugé conservateur car il sous-estimait les expositions pour 10% des opérateurs sur la journée de traitement allant jusqu'à près des deux tiers des opérateurs lors des phases de préparation mais seulement 3% pour la phase d'application. Ce constat tient notamment au fait que le modèle surestime nettement l'effet des EPI. Par exemple, le modèle sous-estime l'exposition des mains de 75% des 24 opérateurs portant des gants de protection à la préparation et l'exposition du corps de quasiment tous ceux portant des vêtements couvrants.

### **2.3.3. Études interrogeant des paramètres variés faiblement utilisés dans les modèles**

Dans ce paragraphe, seront présentés des études interrogeant des conditions d'exposition peu ou pas prises en compte dans la réglementation i) proximité d'autres applicateurs, ii) enrobage de semences et au contact avec les semences enrobées, iii) populations vulnérables (niveau d'éducation bas ou mineurs).

En Afrique du sud (Msibi 2021), les auteurs ont souhaité documenter l'influence des expositions entre opérateurs appliquant des pesticides simultanément. En effet, dans ce pays, la culture de canne à sucre est très développée et concerne de très grandes fermes. Les traitements sont réalisés avec des pulvérisateurs à dos par des groupes de 10 à 15 applicateurs travaillant à 1 mètre les uns des autres. Une étude a donc été conduite et était focalisée sur l'exposition par voie respiratoire car les applicateurs étaient équipés totalement par une combinaison de protection avec capuche, un tablier, des bottes et des gants épais remontant. Un superviseur accompagnait chaque groupe afin de vérifier le port des EPI tout au long du traitement. Trois fermes ont participé pour un total de 47 applicateurs pour 76 observations réalisées lors de l'application de 4 herbicides (atrazine, amétryne, pendiméthaline et 2,4D) sur 2h tôt le matin (6h à 8h). Les herbicides ont été détectés sur tous les échantillons même en absence d'usage par les opérateurs. Les niveaux d'exposition étaient proches ou supérieurs à la Valeur Limite d'Exposition pour l'atrazine ( $5 \text{ mg/m}^3$ ) et dix fois inférieures à celle du 2,4-D ( $10 \text{ mg/m}^3$ ).

L'enrobage de semences par des pesticides s'est beaucoup développé ces dernières décennies, il est souvent réalisé en entreprises mais aussi sur les fermes à partir de semences fermières. Cette tâche ne fait pas l'objet d'une modélisation de l'exposition dans la réglementation européenne. Une étude (Han 2020), indiquant l'absence de données publiées sur cette question, a été conduite en Chine sur l'enrobage de maïs par le tébuconazole et le carbofuran et portait sur trois types de postes, les enrobeurs, les conditionneurs de sacs de semences enrobées et les transporteurs de ces semences. Les effectifs de travailleurs suivis ne sont pas renseignés, les pesticides ont été détectés sur toutes les parties du corps pour les enrobeurs et pour les conditionneurs et pour quasiment toutes les parties du corps pour les transporteurs suggérant

fortement une exposition ultérieure des travailleurs agricoles lors de la manipulation des sacs de semences et plus particulièrement lors de la préparation des semis.

L'exposition professionnelle aux pesticides ne concerne pas que les adultes et, dans certaines conditions (certains pays ou certaines populations (saisonniers) ou tâches (rentrée notamment)), des enfants ou adolescents sont exposés professionnellement directement ou indirectement dans tous les pays. Une étude conduite par des chercheurs américains (Callahan 2017) a été menée en Egypte autour de l'application du chlorpyrifos avec un pulvérisateur à dos sur coton par des saisonniers pour la plupart mineurs (de 12 à 19 ans) qui présentaient tous des niveaux urinaires détectables attribuables à l'application. Une autre étude (Illyassou 2018) a été conduite au Niger par une équipe belge afin de quantifier l'exposition aux pesticides en horticulture avec un pulvérisateur manuel. La quasi-totalité (46 sur 50) des applicateurs observés (47 hommes et 3 femmes) était illettrée. Les pesticides étaient cachés dans les buissons pour les stocker, ce qui montre clairement les risques énormes que courent les agriculteurs dans ces pays.

#### **2.4. Données sur les équipements de protection individuelle**

Cette revue de littérature s'intéresse également aux articles les plus récents (parus depuis le rapport ANSES de 2016) portant sur les EPI. Ils constituent un sujet souvent abordé dans les articles scientifiques traitant de l'exposition professionnelle aux pesticides. L'information associée reste le plus souvent sommaire, l'objectif étant surtout de renseigner sur les pratiques de travail et les conditions expérimentales de l'étude en question. Par ailleurs, l'utilisation même du mot EPI questionne : en Europe il possède un sens clair (règlement 2016/425 EPI), alors qu'ailleurs les interprétations peuvent varier. Par exemple, une combinaison coton-polyester pourrait être considérée comme un simple vêtement de travail par certains auteurs/pays, alors qu'elle constituerait un EPI selon d'autres. Ainsi, dans ce travail, le mot EPI (ou vêtement de protection) est employé avec le sens qui lui est donné par chacun des auteurs cités.

Sur la période considérée, peu d'études ont explicitement eu comme centre d'intérêt principal la protection individuelle, à en juger par les titres et résumé des articles (13/91). Parmi ces articles, seuls 2 traitaient de protection respiratoire (Pate et al., 2017 ; Sapbamrer et al., 2021), malgré des mesures d'exposition par inhalation se multipliant dans le corpus d'articles de la revue de littérature (11/91). Ceci traduit certainement la large reconnaissance de la peau comme voie d'entrée principale des pesticides chez l'humain. On compte en complément 2 articles classés comme revue ou synthèse de la littérature, un article de développement méthodologique, 4 articles traitant de l'étude de l'efficacité et de ses déterminants en laboratoire, 3 traitant de l'étude de l'efficacité en champ, et abordant les contraintes physiologiques associées au port de vêtements de protection.

Une revue de littérature et une synthèse/compilation de données ont été publiées sur la période considérée. La revue de littérature (Garrigou et al., 2020) questionne le rôle central des EPI dans la stratégie de prévention des risques choisie par nombre de pays, alors qu'en vertu d'une hiérarchie des moyens de prévention reconnue, les EPI ne devraient être considérés qu'en dernier ressort. Les études fournissant des mesures d'efficacité (tant en laboratoire qu'en

conditions réelles) pour les vêtements de protection sont compilées, ainsi que celles évoquant le respect/non-respect des consignes de port d'EPI. De nombreux articles identifiés dans cette revue de littérature présentent le port de vêtements de protection comme une solution pertinente de réduction des expositions aux pesticides des travailleurs. Or ces articles décrivent ces équipements de protection avec peu de précision, et de plus ils ne discutent pas de leur efficacité vis-à-vis de pesticides particuliers et en situations réelles de travail. (Garrigou et al. 2020) rappellent que nombre d'études d'exposition sont conduites dans des conditions expérimentales souvent éloignées des conditions réelles de travail. Des études testent par exemple l'efficacité et la portabilité de vêtements de protection en fournissant ces vêtements aux travailleurs agricoles qui, en condition réelle, peuvent utiliser d'autres équipements. Certains facteurs d'exposition ne sont pas analysés, par exemple, le fait que les vêtements coton/déperlants soient considérés comme des vêtements de travail par leurs utilisateurs, ce qui peut augmenter les risques de contaminations croisées à savoir la migration des pesticides déposés sur ces vêtements dans l'environnement de travail mais aussi domestique. Garrigou et al. (2020) met aussi en évidence d'autres facteurs qui peuvent contribuer à rendre difficile le port d'EPI comme la difficulté à s'en procurer dans certaines régions ou leur coût trop élevé pour certains travailleurs agricoles. Enfin, les auteurs questionnent finalement les performances des vêtements de protection en conditions réelles et non-contrôlées/supervisées, et de ce fait, la robustesse du processus d'évaluation des risques actuels.

La compilation de données effectuée par Spaan et ses collaborateurs (Spaan et al., 2020) vise à agréger un nombre important de mesures de performance de vêtements de protection et de gants, hors travaux de rentrée, afin d'en avoir une vision générale. Les « scénarii de contact haute intensité » ont également été retirés de la compilation, car les travailleurs ne portaient pas les vêtements recommandables pour ce genre d'activités. Ces données proviennent en majeure partie de la littérature ouverte et grise préalablement compilée dans le cadre du projet européen BROWSE, de la European Crop Protection Association (ECPA, association européenne des industries phytopharmaceutiques, maintenant Croplife Europe), et du Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR, institut fédéral allemand d'évaluation des risques, données de l'Agricultural Operator Exposure Model). La performance est basée sur un indice de migration des pesticides (à l'intérieur de l'EPI), calculé à partir des expositions réelles (*actual dermal exposure*) et potentielles (*potential dermal exposure*), elles-mêmes mesurées avec la méthode des patchs ou de la dosimétrie corps entier pour les vêtements de protection, les méthodes de lavage, des lingettes ou des dosimètres-gants coton pour les mains. Globalement, le niveau de migration moyen (moyenne géométrique) est faible, de l'ordre de 2,3 %, avec 75 % des valeurs inférieures à 9,3 %. L'étude fait apparaître une distribution large des niveaux d'exposition, des valeurs extrêmes d'indice de migrations (> 90%) sont rapportées pour chaque vêtement/gant répertorié. Les vêtements en coton et les combinaisons en Sontara présentent les niveaux moyens de migration les plus élevés. Les résultats de mesure de l'exposition selon la méthode des patchs, conduisent à des indices de migration plus élevés qu'avec la méthode dosimétrie corps entier (4,3 % contre 3,2 %), mais ces écarts sont d'une importance limitée. Enfin, il semblerait qu'à fortes charges de pesticides sur le vêtement/gant de protection, la migration (relative) soit moins importante, cette hypothèse restant à conforter. L'article propose finalement des facteurs de protection pour différents EPI à la lumière de cette compilation. Les

auteurs précisent cependant que le comportement des travailleurs et les scénarios d'application conditionnent le niveau de performance des EPI. Alors que Spaan et al. excluent les tâches de rentrée dans leur évaluation globale des performances d'EPI cutanées sur la base d'un faible nombre de données, ils s'attendent à ce que les facteurs de protection proposés dans cette étude soient valides dans ce cas.

Concernant les activités de rentrée sur parcelles traitées, Markantonis et al. (2018) font le point sur les lacunes du système actuel d'encadrement des risques. Les auteurs s'interrogent sur la nécessité du port des EPI lors de ce genre d'activités, et la durée pendant laquelle ils devraient être portés. Ils décrivent succinctement une méthodologie qui permettrait de déterminer un délai de rentrée (DRE) « sécuritaire », à l'intérieur duquel les EPI devraient être portés, et à l'extérieur duquel ils ne devraient plus être utiles. Cette méthodologie est décrite dans un rapport du Rijksinstituut voor Volksgezondheid, néerlandais (RIVM, Institut national de santé publique et de l'environnement), non référencé dans les bases de données interrogées. Afin de mettre en perspective l'importance de ces travaux, il convient de rappeler qu'en France, les délais de rentrée sont fixés (de 6h à 48h) sur la base du danger exprimé par les mentions de danger du produit utilisé, et non sur le risque « réel » encouru par les travailleurs exposés. Cette mesure est considérée comme une mesure de protection collective, et n'est en aucun cas synonyme d'entrée sécuritaire sans EPI après le DRE.

Les articles décrivant spécifiquement l'efficacité d'EPI en champ restent peu nombreux (3/13). Le premier article (An et al., 2017) compare l'efficacité de protection d'une combinaison à capuche en coton à un vêtement de protection chimique de type 6 lors de l'application de chlorothalonil par pulvérisateur à dos sur des concombres en serres. Dans des conditions très contrôlées, et pour une période d'application d'environ 20 min, l'efficacité de la combinaison en coton est d'environ 94 % et celle du vêtement de protection chimique supérieure à 99 % (données recalculées). Les auteurs bâtissent à partir de leurs expérimentations des scénarios de protection. Parmi ceux-là, celui consistant à porter une combinaison, des gants et une casquette en coton permettrait de réduire l'exposition cutanée globale de 88,7 %. Le second (Thouvenin et al., 2016) s'intéresse à l'efficacité d'une stratégie de protection, basée sur le port d'un vêtement de protection en coton enduit d'un matériau répulsif avec ou sans tablier de type 3 lors des étapes de préparation, de pulvérisation (cabine fermée pour la plupart des essais), et de nettoyage en viticulture. Toutes conditions prises en compte, la combinaison réduit d'environ 95 % l'exposition (95<sup>ème</sup> percentile) au spinosad. Lorsqu'elle est assortie du tablier pour la préparation et le nettoyage, l'exposition est réduite d'environ 98 %. Enfin, Sapbamrer et al. (2022) s'intéressent au niveau de protection offert par une combinaison Tychem<sup>R</sup> de type 3, une combinaison en tissu denim enduit de résine de colophane et des vêtements en coton classiques lors de la pulvérisation (pulvérisateur à dos motorisé) de chlorpyrifos en milieu chaud et humide. Pour un exercice de 20 min, les protections offertes par le Tychem<sup>R</sup>, la combinaison enduite et les vêtements en coton classique étaient respectivement de 82, 84 et 65 % (moyenne géométrique). L'appréciation du confort a montré que le vêtement classique était le mieux évalué. Pour la perception de la chaleur, de l'humidité, de la coupe/taille et de la praticité, la combinaison enduite a été mieux évaluée que le Tychem<sup>R</sup>.

Les contraintes physiologiques engendrées par une combinaison Tyvek<sup>R</sup> de type 4, Tychem<sup>R</sup> de type 3 et d'une tenue en polyamide (Brisa®) lors de travaux de rentrée en viticulture (2h

max) en Gironde ont été mesurées et comparées par Grimbuhler et al. (2018). L'étude indique que les combinaisons de type Tyvek<sup>R</sup> ou Tychem<sup>R</sup> ne peuvent convenir pour ce genre de tâches agricoles, dans les conditions environnementales testées. L'étude fait aussi apparaître que les vêtements trois pièces paraissent plus confortables que les vêtements une pièce.

En complément de ces articles, quelques articles (4/13) traitent de l'étude de l'efficacité des matériaux et des vêtements en laboratoire (Espanhol-Soares et al., 2017 ; Thredgold et al., 2019 ; Naksata et al. 2020, Sapbamrer et al., 2021). Espanhol-Soares et al., (2017) s'intéressent à la durabilité de la protection offerte par un vêtement en coton enduit d'un répulsif fluorocarboné utilisé dans la culture d'agrumes et de canne à sucre. A intervalles réguliers, les vêtements utilisés et lavés après chaque utilisation ont été envoyés au laboratoire pour des essais de pénétration selon la méthode ISO 22608, avec du glyphosate dans différentes formulations. Les résultats ont montré une corrélation positive entre le nombre de lavages/utilisation et la pénétration, et une corrélation négative entre le nombre de lavages/utilisation et les propriétés répulsives. Les coutures ont montré des faiblesses avec la plupart des formulations utilisées. L'étude fait aussi apparaître que les phénomènes d'abrasion rencontrés lors du frottement avec les pieds de cannes à sucre ou citron dégradent la protection, ce qui renforce la pénétration.

Avant de tester en champ le vêtement en tissu denim enduit de résine colophane (Sampbarer et al., 2021), le même groupe de recherche a mené des essais en laboratoire (Naksata et al., 2020). Ils ont évalué le niveau de protection offert par 5 combinaisons de coton enduite, mais tissées de manière différente, en plus de la combinaison Tychem<sup>R</sup>, grâce à des essais au brouillard (chlorpyrifos et cyperméthrine) sur un mannequin. À l'exception d'une combinaison en coton, les résultats du Tychem<sup>R</sup> n'étaient pas significativement différents des combinaisons en coton, avec un niveau médian de protection supérieur à 99,9 %.

Alors que les conditions de travail chaudes et humides peuvent impacter le respect des consignes de port d'EPI, Thredgold et al (2019) montrent que la température accroît la perméation du dichlorvos (formulation concentrée ou diluée) à travers des gants de protection chimique en PVC : les temps de percée diminuent et les taux de perméation maximum augmentent.

Globalement, les articles traitant spécifiquement d'EPI d'où qu'ils viennent d'un point de vue géographique s'intéressent à comparer l'efficacité de différents vêtements. La tendance montre un intérêt pour les vêtements tissés enduits d'une couche répulsive, qui favoriseraient l'atteinte d'un certain niveau de confort, en maintenant une protection (%) comparable aux vêtements de protection chimique. L'attention est cependant attirée par les auteurs sur la durabilité de cette protection. Les facteurs de protection (ou inversement, de migration) calculés dans les articles analysés sont compatibles avec les valeurs utilisées par l'EFSA (90 ou 95 %), mais les conditions de détermination, notamment le temps d'expérimentation ne reflètent pas nécessairement une utilisation en conditions réelles.



### 3. Synthèse de la littérature SHS sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides.

Cette revue de littérature s'appuie principalement sur l'exploration de deux bases de données contenant des publications en sciences humaines et sociales : la base internationale Scopus et la base francophone Cairn. La base OpenEdition qui regroupe des revues et des livres essentiellement francophones a aussi été exploitée en complément.

Sur Scopus nous avons utilisé l'algorithme suivant pour identifier les articles pertinents : ALL (pesticide\* AND exposure AND (occupational OR worker\* OR farmer\*)) AND PUBYEAR > 2014 AND ("occupational exposure") AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOCI")). 290 références ont ainsi été identifiées. Après lecture des résumés, 57 d'entre elles ont été conservées pour être lues au vu de leur pertinence dans le cadre de la saisine à laquelle répond cette FS. ~~3029~~ ont été finalement jugées pertinentes sur la base de la lecture des textes.

Sur Cairn nous avons utilisé l'algorithme suivant : Pesticide\* AND (exposition\* professionnelle\*). 69 références ont été identifiées, dont 19 ont été conservées après lecture des résumés, et ~~132~~ jugées pertinentes après lecture des textes.

Sur OpenEdition nous avons lancé la requête Pesticide\* pour la période 2015-2022 dans les résumés. Nous avons obtenu 78 résultats. Après lecture des résumés, nous avons retenu 16 références. 12 articles ont été retenus après lecture des textes.

Sur l'ensemble de ces bases, les références exclues sont celles qui ne portent pas sur les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture, mais sur l'exposition professionnelle à d'autres facteurs de risque en agriculture ou sur des expositions non professionnelles aux pesticides.

Il est à noter que les travaux en sciences humaines et sociales se retrouvent dans de nombreuses bases de données et qu'il n'existe pas de système centralisé. Nous avons eu connaissance de travaux qui n'ont pas été repérés par les recherches par mots-clefs sur les bases citées précédemment, que nous avons ajoutés aux articles retenus en raison de leur pertinence. Nous avons ainsi ajouté 10 références (Arancibia, 2016 ; Endalew et al., 2022 ; Guthman, 2017 ; Tambe et al., 2019 ; Guthman et Babour, 2018 ; Guthman et Brown 2016 ; Okonya et al., 2015 ; Saxton, 2021 ; Stein et Luna, 2021 ; Venugopal et al., 2021) et 2 revues de littérature en psychologie sociale (Afshari et al., 2021 ; Ayaz et al., 2022) portant sur la mesure de l'efficacité des interventions (en particulier des programmes de formation) qui visent à réduire l'exposition des travailleurs agricoles par le biais d'une meilleure information.

Au total, ~~665~~ références ont été jugées pertinentes pour le mandat du groupe de travail. Si toutes les références portent sur l'enjeu de l'exposition de travailleurs agricoles aux pesticides, certaines (N=18) abordent plus spécifiquement le processus d'expertise scientifique à l'issue duquel les niveaux d'exposition professionnelle aux pesticides sont estimés dans le contexte des procédures d'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques ou sur les limites des réglementations visant à prévenir les risques d'exposition aux pesticides en milieu professionnel agricole.

Si, au final, nous ne pouvons garantir que tous les travaux pertinents à l'échelle internationale ont été identifiés, la diversité des bases de données interrogées et le caractère ouvert des mots-clés utilisés nous laissent penser que le corpus retenu illustre l'état de la littérature dans les sciences humaines et sociales.

### **3.1. Les sciences sociales et l'exposition professionnelle aux pesticides : principaux constats**

Parmi les articles en SHS portant sur l'exposition professionnelle aux pesticides, la plupart reposent sur des études menées dans d'autres contextes que la France. Deux (Garrigou et al., 2020 et 2021) reposent sur une revue de littérature pluridisciplinaire comprenant des travaux en SHS et dans d'autres disciplines portant sur les pays de l'OCDE. Trois sont des revues de littérature en psychologie sociale (Afshari et al., 2021 ; Ayaz et al., 2022 ; Coman, 2020) comprenant des études réalisées dans différents pays. Une (Stein et Luna, 2021) est une revue de littérature portant sur l'Afrique sub-saharienne. ~~Treize-Dix~~ proviennent d'études réalisées dans des pays d'Asie (Pakistan (1), Iran (2), Thaïlande (1), Inde (~~21~~), Sri Lanka (1), Chine (1), Indonésie (1) Cambodge (1) Laos (1), ~~India (2)~~), onze dans des pays d'Afrique (Ethiopie (2), Ghana (1), Maroc (1), Rwanda (1), Ouganda (2), Nigeria (1), Bénin (1), Sénégal (1), Cameroun (1)), neuf dans des pays d'Amérique latine (Equateur (2), Brésil (~~45~~), Salvador (1), ~~Costa Rica (1)~~), Mexique (1), ~~huit-dix~~ aux Etats-Unis, dont ~~cinq-quatre~~ en Californie. Les résultats de ces travaux doivent être lus avec une précaution particulière dans le cadre de ce groupe de travail, saisi en particulier sur la situation française. En effet, s'ils sont informatifs sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides et ses déterminants, ils sont, dans leur écrasante majorité, produits dans des contextes agricoles, de travail et d'emploi très différents de ceux que l'on peut trouver en France. Par exemple, la plupart ont été réalisés dans des pays du Sud où les travailleurs agricoles vivent en dessous du seuil de pauvreté et où les moyens des administrations en charge de la santé au travail sont très limités. Ceux qui ont été effectués aux Etats-Unis portent sur des États où l'agriculture est très industrialisée (Californie et Tennessee), qui recourent de façon massive à une main d'œuvre immigrée vivant dans des conditions de grande précarité, soulevant des enjeux de prévention particuliers. Des contextes d'exposition proches peuvent se rencontrer en France. Ils ne constituent cependant qu'une fraction de la réalité des situations d'expositions professionnelles aux pesticides dans ce pays.

Ces travaux portant sur l'exposition se scindent en deux ensembles distincts, tant sur le plan des méthodes que sur le plan des objectifs.

#### **3.1.1. Des enquêtes par questionnaires pour objectiver l'exposition professionnelle aux pesticides et ses déterminants**

Une partie des articles recensés s'inscrivent dans le champ de la santé publique ou visant à étudier les pratiques d'agriculteurs et/ou agricultrices et/ou de salariés hommes ou femmes (Adechian et al., 2015 ; Arimiyaw et al. 2020 ; Elahi et al., 2019 ; Lu et al., 2015 ; Okonya et al., 2015 ; Kannuri et Jadhav, 2018 ; Mormeta, 2019 ; Tambe et al., 2019 ; Ndayambaje et al., 2019 ; Rezaei et al., 2019 ; Formoso, 2021 ; Fuhrimann et al., 2020 ; Ristow et al., 2020 ; Ba et al. 2021 ; Ben Khadda et al., 2021 ; Nwadike et al., 2021 ; Stedile et al., 2021 ; Venugopal et al., 2021 ; Endalew et al., 2022 ; Mahawati, 2022 ; Sookhtanlou et al., 2022). Ils visent à mieux connaître les déterminants de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides dans une

optique de leur garantir une meilleure protection. Ils reposent tous sur des études transversales qui mobilisent des questionnaires passés auprès des travailleurs agricoles pour objectiver leur niveau d'exposition et les déterminants retenus dans le cadre de l'enquête. Sur la base de déclarations ainsi recueillies, ces articles dégagent des résultats très convergents. Ils pointent, en premier lieu, l'important niveau d'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides, dans le contexte de pays d'Asie du Sud-Est et d'Afrique où le recours aux pesticides s'est intensifié au cours de ces deux dernières décennies – et en Amérique Centrale où un usage massif est plus ancien mais où il reste très mal maîtrisé. Cela concerne des pesticides considérés comme moyennement dangereux ou dangereux selon des classifications internationales. La plupart des articles rapportent des effets sur la santé résultant de ces expositions sous la forme d'allergies cutanées ou respiratoires, de maux de tête, vertiges, troubles du système nerveux, problèmes visuels voire des obstructions de la fonction pulmonaire. Différentes études (Kannuri et Jadhav, 2018 ; Quandt et al., 2020) indiquent que les effets sur la santé perçus par les travailleurs ne sont que rarement signalés aux médecins. Ces articles soulignent ensuite l'écart massif entre les préconisations indiquées sur l'étiquette des produits en matière d'hygiène et de sécurité, d'un côté, et les pratiques déclarées par les répondants, de l'autre : rareté du port de vêtements de protection adaptés, consommation alimentaire ou tabagique sur le lieu de travail, gestion des déchets de pesticides non organisée, etc. Par ailleurs, il est aussi fait état d'usages non conformes aux préconisations : des pesticides non autorisés sont utilisés et des pesticides autorisés pour certaines cultures sont utilisés dans d'autres cultures, des pesticides peuvent être mélangés avant d'être appliqués. Plusieurs facteurs sont mis en avant de manière récurrente pour expliquer cet écart. Premièrement, ces articles pointent le faible niveau de formation des travailleurs agricoles interrogés, ainsi que leur faible niveau de maîtrise de la langue dans laquelle sont souvent rédigées les étiquettes. Dans certains pays, ces étiquettes sont rédigées en langue anglaise alors qu'elle n'est pas maîtrisée par les agriculteurs ou ouvriers et ouvrières agricoles. Dans les pays asiatiques, la langue utilisée sur les étiquettes n'est pas nécessairement celle du pays ou de la région concernée. Deuxièmement, les enquêtes par questionnaires font apparaître les réticences des travailleurs agricoles à porter des vêtements de protection. Ils peuvent les juger : trop onéreux (dans un certain nombre de contextes de travail étudiés, il incombe aux salariés d'acheter personnellement les protections respiratoires et/ou les vêtements de protection) ; inconfortables (en particulier liés à la chaleur et l'humidité induits par le port d'équipement, qui sont des déterminants importants des pratiques de port) et engendrant un ralentissement du rythme de travail voire une impossibilité à travailler ([Arimiyaw et al., 2020](#)). Il est parfois signalé qu'il est difficile de s'en procurer. La question de l'inconfort thermique du port des vêtements de protection - en particulier des combinaisons et des masques - est discutée par certains articles. Ils évoquent des niveaux de stress thermique élevés pouvant avoir des effets sur la santé à court terme (coup de chaud, syncope, etc.), aussi bien des conditions climatiques tropicales que tempérées (notamment, en France). Des recherches menées en Asie et Afrique rapportent que des travailleurs jugent le port des équipements de protection avec les conditions de travail (chaleur, sols imbibés d'eau, etc.) et l'inadaptation (et les défaillances) du matériel - et en particulier les pulvérisateurs à dos, très largement utilisés dans certaines régions (Afrique, Asie du Sud-Est) (Stein et Luna, 2021). Ils évoquent aussi des pratiques de surdosage des préparations de pesticides (Adechian et al., 2015 ; Elahi et al., 2019).

Un ensemble de travaux a entrepris de tester l'efficacité des interventions qui visent à réduire l'exposition des travailleurs agricoles par le biais d'une meilleure formation et information, en s'appuyant sur des démarches croisant approches quantitatives (enquêtes par questionnaire) et qualitatives (entretiens, focus group). Les trois revues de littérature (Afshari et al., 2021 ; Ayaz et al., 2022 ; Coman, 2020) qui synthétisent les résultats de ces travaux – dont plusieurs n'ont pas été identifiés au cours de notre propre exploration bibliographique par mots-clefs dans les bases de données de sciences humaines et sociales (Scopus, Cairn, OpenEdition) – convergent pour souligner que ces programmes de formation ont : un effet important sur le niveau de connaissance des risques ; un effet modéré et variable sur les intentions comportementales ; un effet sur les comportements difficile à évaluer, surtout à moyen ou long terme. Ces revues de littérature convergent aussi pour dire que les évaluations des interventions visant à la transformation des connaissances et des pratiques des travailleurs relatives à l'exposition aux pesticides montrent que ces interventions atteignent le plus clairement leurs objectifs quand : elles impliquent des approches communautaires ou participatives ; elles prévoient des campagnes de communication adaptées aux spécificités sociales et culturelles des groupes destinataires des interventions ; elles s'inscrivent dans la durée (plusieurs mois, voire plusieurs années).

Des articles mettent en discussion un autre facteur de transformation des pratiques de protection : l'expérience d'une atteinte à la santé. Ainsi, certains articles soulignent que des personnes ayant éprouvé des atteintes à la santé seraient plus enclines à se protéger. Cette position est contredite par d'autres études qui montrent que malgré des symptômes perçus par les travailleurs, ces derniers ne portent pas pour autant des protections. Une étude indienne (Venugopal et al., 2021) rapporte le cas d'une population de femmes travaillant en agriculture et exposée à des pesticides déclarant avoir travaillé pendant leurs grossesses (jusqu'à 6 mois de grossesse). Parmi ces femmes, dont une majorité déclare avoir fait l'expérience de problèmes de santé possiblement en lien avec leur travail, une minorité déclare se protéger au moyen d'EPI (16% de la population étudiée). Des travaux d'anthropologie de la santé soulignent cependant que pour de nombreux travailleurs et travailleuses, y compris des femmes enceintes, ce n'est pas la méconnaissance des risques qui est à la source de l'absence de port d'EPI ou de la mise en œuvre d'autres pratiques de protection mais l'inexistence de droit permettant l'exercice de cette protection (Gamlin, 2016), ou l'impossibilité de faire valoir des droits existants qui peuvent par ailleurs être très insuffisants (Guthman et Barbour, 2018 ; Saxton, 2021) dans des contextes de très fortes asymétries de pouvoir entre employeurs et travailleurs.

### **3.1.2. Des enquêtes ethnographiques dans une visée critique**

Un second ensemble de travaux aborde l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides à partir de méthodes qualitatives ou en confrontant des données quantitatives recueillies par questionnaire avec des données plus qualitatives : entretiens, observation ethnographique de temps long, éventuellement participante (Saxton, 2015 ; Nicourt, 2016 ; Benjamin, 2016 ; Gamlin, 2016 ; Guthman, 2017 ; Guthman and Brown, 2016 ; Brisbois et al., 2018 ; Kannuri et Jadhav, 2018 ; Guthman and Barbour, 2018 ; May et Quandt, 2020 ; Anastario et al., 2021 ; Bureau-Point, 2021 ; Coudel, 2021 ; Formoso, 2021 ; Ginelli et al., 2021 ; Isgren et Andersson, 2021 ; Saxton, 2021 ; Shattuck, 2021 ; Senanayake, 2022). Ces travaux s'inscrivent plus ou

moins explicitement dans une perspective critique visant à dénoncer les failles des politiques de contrôle des pesticides et de protection de la main-d'œuvre exposée.

Ces travaux convergent pour mettre en évidence les conditions de vie et de travail particulièrement indignes des travailleurs exposés aux pesticides dans les pays du Sud comme dans certains États des États-Unis. Ces conditions indignes conduisent à des expositions importantes qui ne se produisent pas seulement pendant le travail mais aussi en dehors, les lieux de vie étant souvent proches des lieux de travail voire situés sur les lieux de travail même (Gamlin, 2016 ; Saxton, 2021). Dans certains pays (asiatiques et africains notamment), les contenants de pesticides peuvent être réutilisés pour stocker de l'eau ou des aliments. Ces travaux questionnent également les mutations économiques qui conduisent à augmenter la fréquence et le niveau de l'exposition de ces travailleurs aux pesticides (Ba, 2016 ; Gamlin, 2016 ; Brisbois et al., 2018 ; Bureau-Point, 2021 ; Coudel et al. 2021 ; Formoso, 2021 ; Stein et Luna, 2021). Ils pointent en particulier l'intégration croissante de l'agriculture des pays du Sud dans les flux commerciaux transnationaux, qui conduisent à une intensification du recours aux pesticides afin d'augmenter et de sécuriser les rendements. Cette intensification repose en partie sur le développement de circuits de distribution peu formalisés, qui augmentent les risques d'exposition. Kannuri et Jadhav (2018) montrent par exemple que la distribution des pesticides dans des circuits commerciaux informels est susceptible d'augmenter les niveaux d'exposition, par le biais de la vente au détail de produits reconditionnés et/ou de qualité ou dangerosité variable, dont les étiquettes sont souvent absentes ou inadéquates.

Une constante des travaux identifiés est de montrer que la conscience du danger de l'exposition aux pesticides est bien présente chez les travailleurs agricoles. Cependant, ceux-ci sont encouragés à développer un rapport fataliste au risque quand ils n'ont pas les moyens adéquats de se protéger de ces substances et qu'elles leur apparaissent comme une nécessité pour assurer leur survie économique (Gamlin, 2016 ; Bureau-Point, 2021 ; Isgren et Anderson 2021 ; Guthman et Barbour, 2018 ; Senanayake, 2022). Une autre constante de ces travaux est d'insister sur le fait que les tâches exposantes sont non seulement les tâches de traitement mais aussi d'autres tâches (achat, lavage, entreposage, etc.), qui n'exposent pas les travailleurs avec la même intensité selon leur place dans la division du travail (homme/femme ; chef de culture/ouvrier ; etc.) (Formoso, 2016). Ces travaux soulignent enfin l'invisibilité statistique des intoxications induites par les pesticides, qui semblent fréquentes mais font rarement l'objet de déclarations auprès de médecins ou d'autorités sanitaires en charge du contrôle de ces produits, autorités qui n'ont pas toujours les ressources matérielles de suivre ces intoxications (Kannuri et Jadhav, 2018 ; Isgren et Anderson 2021 ; Stein et Luna, 2021). Certains d'entre eux pointent aussi l'invisibilité réglementaire, c'est-à-dire la méconnaissance voire l'ignorance totale de l'existence de réglementations concernant l'usage des pesticides – qui peut aussi concerner les vendeurs et les distributeurs (Bureau-Point, 2021 ; Stein et Luna, 2021). Certains travaux soulignent aussi le fait que les politiques visant à renforcer les informations et la formation des personnes travaillant en agriculture, et plus généralement visant à développer la prévention des risques professionnels conduisent à des échecs dans des contextes où les personnes travaillant en agriculture n'ont pas les ressources socio-économiques et politiques pour s'en emparer (Formoso, 2016 ; Guthman et Barbour 2018 ; Stein et Luna, 2021).

### 3.1.3. La rareté des données sur l'Europe et la France

Notre revue de littérature nous conduit à constater la rareté de travaux dont les résultats seraient directement applicables au cas de la France et à la saisine à laquelle répond cette formation spécifique. Parmi les travaux de SHS identifiés portant sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture, seuls ~~16~~20 proviennent d'études réalisées en Europe, ~~toutes~~ beaucoup au moins en partie en ~~France~~France (N=16).

Une étude (Nicourt, 2016) a cherché à évaluer qualitativement l'effet des mobilisations d'agriculteurs et de salariés agricoles, se construisant comme victimes des pesticides, sur les pratiques de prévention des risques de pesticides chez des viticulteurs du Languedoc. Il conclut à un effet extrêmement limité. Ces mobilisations ont fait l'objet de travaux conséquents conduits par Jean-Noël Jouzel et Giovanni Prete. Trois articles résultant de ces enquêtes ont ici été retenus, l'un portant sur le traitement médiatique des maladies professionnelles liées aux pesticides (Jouzel et Prete, 2016a), le second sur l'émergence d'une mobilisation d'agriculteurs et de salariés victimes d'intoxication (Jouzel et Prete, 2015), le troisième sur le rôle des femmes d'agriculteurs dans les mobilisations (Jouzel et Prete, 2016b). Ce dernier article évoque le peu de prise en compte dans la mobilisation des femmes travaillant en agriculture et de leurs expositions et, a fortiori, de la possibilité pour elles aussi d'être malade des pesticides.

Une étude d'ergonomie (Albert, 2020 ; Albert et al., 2021) a été conduite en conditions non contrôlées et porte sur le matériel de traitement comme un déterminant des niveaux d'exposition aux pesticides des agriculteurs. Cette étude souligne le caractère très secondaire, dans les processus de normalisation des machines agricoles, de l'enjeu de la protection des travailleurs exposés aux pesticides. Elle soutient aussi que l'exposition aux pesticides est le résultat d'une chaîne de déterminants dont les textes réglementaires et les normes techniques de conception d'une part et le contrôle de leur application d'autre part font partie.

Sur le plan des politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides, Dedieu et Jouzel (2015) et Jouzel (2019) montrent que les messages de prévention diffusés par la Mutualité sociale agricole (MSA), organisme en charge du régime de protection sociale des agriculteurs en France, restent principalement centrés sur les intoxications aiguës survenant en cas d'accidents lors du chargement ou de l'épandage des produits, mais accordent moins d'attention aux maladies chroniques qui peuvent résulter de l'exposition professionnelle aux pesticides sur le temps long. Ginelli et al. (2021), à partir d'une étude réalisée en région viticole bordelaise, indiquent que, sur leur terrain d'enquête au moins, la caisse de la MSA est avant tout préoccupée par les employeurs et ne s'adresse pas ou peu aux salariés permanents ou précaires. Plus largement, ils pointent les difficultés rencontrées par les personnes travaillant en agriculture pour s'emparer des questions portant sur l'exposition professionnelle. Ils soulignent notamment l'absence d'instances permettant d'organiser la mise en débat et des discussions par les professionnels de cette question, absence en partie due à la grande diversité des statuts des travailleurs et travailleuses de l'agriculture.

La prise en compte de la diversité des statuts des travailleurs et travailleuses de l'agriculture est d'autant plus importante qu'un certain nombre de travaux en sciences sociales, ne portant pas spécifiquement sur la question de l'exposition aux pesticides et donc non retenus dans le corpus de la revue de littérature, mettent en évidence en France une augmentation significative et



continue de la part de l'emploi précaire en agriculture, une transformation du statut des employeurs (intérimaires, sociétés à statut divers) et le recours croissant à des entreprises spécialisées de travaux agricoles. Ces évolutions mériteraient d'alimenter plus directement les réflexions sur les stratégies de prévention dans la mesure où elles conduisent à une complexification des statuts des personnes travaillant en agriculture comme de ceux des employeurs (avec des systèmes d'intermédiation) pouvant rendre difficile l'attribution des responsabilités en termes de prévention comme de réparation.

### **3.2. Des analyses critiques de l'expertise et de réglementations visant à prévenir les risques d'exposition en matière d'estimation de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides**

Un petit ensemble de travaux de sciences sociales s'intéresse spécifiquement à la manière dont l'exposition professionnelle aux pesticides est estimée, soit dans le cadre réglementaire de l'évaluation des risques préalable à l'approbation et à l'autorisation de mise sur le marché des pesticides, soit dans le cadre des politiques de réparation des risques professionnels en agriculture. Ces travaux soulignent l'écart entre l'état des savoirs sur le plan académique, d'une part, et les connaissances utilisées dans le cadre de ces politiques publiques. Alors que des données épidémiologiques aujourd'hui robustes montrent que l'exposition professionnelle aux pesticides constitue un facteur de risque avéré pour plusieurs pathologies chroniques (maladie de Parkinson, cancers hématopoïétiques, tumeurs du système nerveux central, cancer de la prostate, bronchopneumopathie chronique obstructive), ces travaux indiquent que leurs résultats ne sont que partiellement pris en compte par les politiques de contrôle des pesticides. Un article (Arancibia, 2016), portant sur l'Argentine, souligne le rôle des mobilisations, de la production de connaissances par des mouvements sociaux et de l'expertise citoyenne dans la mise en évidence des angles morts et des limites des connaissances utilisés pour fonder la réglementation sur les pesticides et leurs effets sanitaires de ce pays.

Sur le plan des usages de la science à des fins d'évaluation des risques des pesticides, Jouzel et Prete (2017) et Jouzel (2019) s'intéressent en particulier aux conséquences politiques des alertes relatives au caractère faiblement protecteur des combinaisons, constaté par une équipe de chercheurs français en épidémiologie et en ergonomie voici une quinzaine d'années (Baldi et al., 2014). Ils montrent que les données produites par ces chercheurs n'ont été que très partiellement prises en considération par les autorités en charge du contrôle des pesticides (ministère de l'Agriculture, ANSES) : si ces dernières ont œuvré à la normalisation de vêtements de protection offrant potentiellement un niveau de confort et de protection amélioré, elles n'ont pas revu substantiellement la place accordée au port de combinaison comme facteur de protection dans l'évaluation des risques des pesticides. Celui-ci reste considéré comme un facteur de protection conséquent et que les auteurs jugent probablement surestimé au vu des données disponibles.

L'article de Robinson et al. (2020) ainsi que celui de Clausen (2019) discutent des forces et faiblesses de la réglementation européenne portant sur les pesticides. Il est à noter que ces auteurs sont des juristes et toxicologues appartenant à des ONG environnementales. Ils soulignent que si cette réglementation est considérée par certains comme une des plus strictes

au monde, elle contient des lacunes qui compromettent la réalisation de ses objectifs. Les auteurs discutent par exemple des règles de bonnes pratiques de laboratoire, soulignant que ces dernières ont été initialement créées pour juger de la qualité scientifique d'études expérimentales en écotoxicologie et toxicologie, mais qu'elles sont invoquées pour écarter des études en épidémiologie, en expologie, ou en sciences humaines et sociales du processus d'expertise. Robinson et al. (2020) mettent également en avant la question des conflits d'intérêt des experts au sein de l'EFSA qui est présentée comme une des failles du système réglementaire européen en matière d'autorisation de mise sur le marché des pesticides. D'autres travaux produits par des juristes insistent sur des limites de l'évaluation réglementaire des pesticides en Europe en discutant du recours aux lignes directrices techniques de l'OCDE (Martin 2016), l'évaluation des risques en Allemagne (Kreße, 2017), ou de l'utilisation par les juges des connaissances scientifiques dans le cadre d'action en justice liés aux pesticides (Kreße, 2016 ; Lucas, 2016).

Dedieu et Jouzel (2019) se sont intéressés à la manière dont était organisée l'expertise mobilisée dans le cadre de la création de tableaux de maladies professionnelles en France. Ils soulignent que les tableaux de maladies professionnelles du régime agricole adoptés depuis 2012 pour mieux indemniser les maladies chroniques induites par les pesticides ne tiennent que partiellement compte des connaissances épidémiologiques disponibles, en particulier en matière de durée minimale d'exposition, souvent nettement plus longue dans ces tableaux que dans la littérature académique.

Enfin, certains travaux portant sur la Californie ont décortiqué certaines réglementations développées au cours de la dernière décennie visant à améliorer la protection des salariés agricoles hommes et femmes vis-à-vis des pesticides particulièrement toxiques qui y sont utilisés. Guthman (2017) a mis en évidence le rôle contre-productif pour la protection des salariés et salariées précaires de la mise en concurrence des enjeux économiques vis-à-vis des enjeux sanitaires dans les débats qui ont conduit à ces nouvelles réglementations. Guthman et Barbour (2018) ont quant à elles montré à la fois l'ineffectivité de nouvelles réglementations californiennes pour les salariées enceintes qui reposaient sur des présupposés faux (la méconnaissance des dangers) et qui ont ignoré la vulnérabilité sociale et politique de ces salariées.

### **3.3. Les angles morts de la recherche en sciences sociales sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture**

La revue de littérature en sciences humaines et sociales permet de pointer les nombreux angles morts de ces disciplines sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture. En premier lieu, les enquêtes en sciences sociales qui s'intéressent à l'exposition professionnelle aux pesticides sont principalement menées hors d'Europe, dans des pays du Sud et des contextes où l'utilisation des pesticides connaît une intensification rapide. Ce constat ne repose que sur notre exploration des bases de données académiques. Il est possible que d'autres données non publiées (littérature grise, données industrielles dans les dossiers de demande d'autorisation de mise sur le marché) existent. Cependant, force est de constater qu'en s'en tenant à la littérature publiée dans les revues à comité de lecture, les données sont très rares sur les pays européens.



Ce constat, plus largement, soulève l'enjeu de la circulation transnationale des modèles de prévention et d'évaluation du risque. Il interroge la capacité des pays du Nord à proposer des référentiels qui explicitent clairement leurs limites de pertinence afin qu'ils ne soient pas repris ou imposés dans des contextes techniques, sociaux et politiques très différents et où ils sont inapplicables.

Deuxièmement, notre revue de littérature témoigne d'une quasi-absence de travaux portant sur les processus de normalisation des équipements de protection destinés aux agriculteurs exposés aux pesticides, qui jouent pourtant un rôle fondamental dans l'évaluation réglementaire des risques de ces produits. Cette absence porte aussi bien sur les équipements individuels que collectifs. Par exemple, alors que le matériel de pulvérisation est considéré comme un déterminant majeur des expositions, très peu d'articles étudient de manière détaillée ses effets en termes d'exposition et très peu d'études portent sur les améliorations à apporter à leur conception, en prenant en compte les conditions de travail et les besoins des utilisateurs et en dépassant des approches techno-centrées trop restrictives.

Troisièmement, dans le contexte français, aucune étude scientifique visant directement à évaluer les politiques de prévention ne semble avoir été publiée. En particulier, il ne semble exister aucune évaluation scientifique de l'efficacité de la formation Certiphyto, qui constitue aujourd'hui une clé de voûte des politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides. Compte tenu de ce qui a pu être observé dans d'autres contextes, on peut penser que le caractère court et « descendant » de cette offre de formation en limite fortement la portée en matière de réduction des expositions des travailleurs concernés aux pesticides. Il est aussi possible que toutes les personnes travaillant en agriculture n'aient pas eu un accès aisé à cette formation – ou à d'autres formations auxquelles elles devraient avoir accès en droit. La formation ne constitue qu'un aspect des politiques de prévention et n'a que des effets limités, en lien avec d'autres dimensions de ces dernières. Ces politiques de prévention n'ont pas fait l'objet d'études scientifiques ciblées publiées, il apparaît donc important de développer des travaux qui permettent de mieux les comprendre et les évaluer, ainsi que l'ensemble des déterminants des expositions des travailleurs et travailleuses de l'agriculture. Un des enjeux importants est le développement de travaux portant sur la très grande diversité des personnes travaillant en agriculture : les femmes, les jeunes (stagiaires), les personnes ayant des emplois précaires (dont le nombre ne cesse de croître), en tant que personnes exposées spécifiquement, malgré leur invisibilité publique et dans les institutions en charge de la prévention et dans la recherche.

Quatrièmement, cette revue de littérature montre que les travaux de sciences sociales sur les pesticides restent focalisés sur certaines tâches et activités agricoles exposantes et en négligent d'autres. Par exemple, les tâches – et les personnes les réalisant, hommes comme femmes - de rentrée, de conditionnement, de conseil technique ne semblent avoir fait l'objet d'une attention que très marginale par les recherches en SHS. De même aucune étude de SHS ne semble avoir été publiée qui porte spécifiquement sur la question des expositions professionnelles qui peuvent résulter des manipulations dans le stockage, le transport des produits, dans le traitement des semences et des récoltes d'une part et, d'autre part du traitement des déchets issus des pesticides.

Enfin, les études identifiées s'intéressent essentiellement à l'usage des produits phytopharmaceutiques, et laissent largement de côté les enjeux liés à l'usage agricole des autres pesticides, produits antiparasitaires en élevage ou de biocides.

## **Conclusion**

Le rapport sur « L'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides » publié par l'ANSES en juillet 2016 faisait état d'un manque de données sur cet enjeu. Depuis cette date, des données ont été produites par diverses disciplines, tant dans le champ des sciences biomédicales (expologie, épidémiologie) que dans celui des sciences humaines et sociales (sociologie, anthropologie, géographie, économie, psychologie). Pour autant, la connaissance des expositions professionnelles aux pesticides en agriculture, de leurs niveaux, de leurs déterminants et des moyens de les réduire reste lacunaire. Ce constat est d'autant plus vrai pour le cas de la France que peu de nouvelles études y ont été conduites sur ces différents enjeux. Certaines situations d'expositions professionnelles demeurent très peu, voire pas du tout étudiées : élevage, céréales, horticulture, cueillette, semences enduites... Si les voies d'exposition cutanées et respiratoires sont maintenant fréquemment mesurées, tel n'est pas le cas des contaminations digestives, qui demeurent mal connues.

Les travaux portant sur l'efficacité des moyens visant à limiter les expositions professionnelles aux pesticides sont principalement centrés sur la mesure de l'efficacité des vêtements de protection, d'une part, et des programmes de formation à destination des travailleurs agricoles, de l'autre. Si ces travaux montrent que ces deux moyens de prévention produisent des résultats qui peuvent être intéressants en termes de réduction des niveaux d'exposition, ils suggèrent également le caractère hétérogène et incertain de ces résultats. Ils laissent largement dans l'ombre l'effet de déterminants moins individuels de l'exposition professionnelle aux pesticides, tels que le machinisme ou les options agronomiques suivies sur les exploitations agricoles.

Enfin, plusieurs travaux, tant en expologie qu'en sciences sociales, conduisent à s'interroger sur la fiabilité des estimations de l'exposition professionnelle aux pesticides dans le cadre des procédures d'évaluation réglementaire des risques et de l'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, biocides, et anti-parasitaires. Les études d'épidémiologie et d'expologie sur ce sujet ne sont en effet prises en compte que de manière partielle dans ces procédures, alors même que plusieurs montrent que les niveaux d'exposition anticipés dans le contexte des autorisations de mise sur le marché sont insuffisamment protecteurs pour les travailleurs de l'agriculture.

## Bibliographie

1. Adechian, S. A. *et al.* Les pratiques paysannes de gestion des pesticides sur le maïs et le coton dans le bassin cotonnier du Bénin. *vertigo* (2015)  
doi:10.4000/vertigo.16534.
2. Afshari, M., Karimi-Shahanjarini, A., Khoshraves, S. & Besharati, F. Effectiveness of interventions to promote pesticide safety and reduce pesticide exposure in agricultural health studies: A systematic review. *PLOS ONE* **16**, e0245766 (2021).
3. Albert, M. *et al.* Apport des approches instrumentale et ergotoxicologique pour la conception : le cas du matériel de pulvérisation des pesticides en viticulture. *Le travail humain* **84**, 197–232 (2021).
4. Albert, M. *et al.* Les normes juridiques et techniques comme déterminants des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. *Droit Social*, 130-135 (2023).
5. Albert, M. Matériel agricole et expositions aux pesticides : l'intérêt d'une recherche pluridisciplinaire ergonomie et droit. *Revue juridique de l'environnement spécial*, 95–108 (2020).
6. An, X. *et al.* Effects of different protective clothing for reducing body exposure to chlorothalonil during application in cucumber greenhouses. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* **24**, 14–25 (2018).
7. An, X. *et al.* Exposure risks to pesticide applicators posed by the use of electric backpack sprayers and stretcher-mounted sprayers in orchards. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* **26**, 2288–2301 (2020).
8. An, X. *et al.* Potential Dermal Exposure and Risk Assessment for Applicators of Chlorothalonil and Chlorpyrifos in Cucumber Greenhouses in China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* **21**, 972–985 (2015).
9. An, X. *et al.* Risk assessment of applicators to chlorpyrifos through dermal contact and inhalation at different maize plant heights in China. *J Agric Food Chem* **62**, 7072–7077 (2014).
10. Anastario, M. *et al.* Genitourinary Systems Entangled with Shifting Environments in a Salvadoran Subsistence Farming Community. *Medical Anthropology Quarterly* **35**, 246–265 (2021).
11. Aprea, M. C. *et al.* Assessment of exposure to pesticides during mixing/loading and spraying of tomatoes in the open field. *J Occup Environ Hyg* **13**, 476–489 (2016).
12. Aprea, M. C. *et al.* 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 (2021).
13. Arimiyaw, A. W., Abass, K. & Gyasi, R. M. On-farm urban vegetable farming practices and health risk perceptions of farmers in Kumasi. *GeoJournal* **85**, 943–959 (2020).

14. Atabila, A. *et al.* Dermal exposure of applicators to chlorpyrifos on rice farms in Ghana. *Chemosphere* **178**, 350–358 (2017).
15. Atabila, A. *et al.* Health risk assessment of dermal exposure to chlorpyrifos among applicators on rice farms in Ghana. *Chemosphere* **203**, 83–89 (2018).
16. Atabila, A., Phung, D. T., Sadler, R., Connell, D. & Chu, C. Comparative evaluation of chlorpyrifos exposure estimates from whole-body dermal dosimetry and urinary trichloro-2-pyridinol (TCP) methods. *Ecotoxicol Environ Saf* **172**, 439–443 (2019).
17. Ayaz, D., Öncel, S. & Karadağ, E. The effectiveness of educational interventions aimed at agricultural workers' knowledge, behaviour, and risk perception for reducing the risk of pesticide exposure: a systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health* **95**, 1167–1178 (2022).
18. Ba, A., Cantoreggi, N., Simos, J. & Duchemin, E. Impacts sur la santé des pratiques des agriculteurs urbains à Dakar (Sénégal). *vertigo* (2016) doi:10.4000/vertigo.17030.
19. Baldi, I. *et al.* Levels and determinants of pesticide exposure in re-entry workers in vineyards: Results of the PESTEXPO study. *Environmental Research* **132**, 360–369 (2014).
20. Behnami, F., Yousefinejad, S., Jafari, S., Neghab, M. & Soleimani, E. Assessment of respiratory exposure to cypermethrin among farmers and farm workers of Shiraz, Iran. *Environ Monit Assess* **193**, 187 (2021).
21. Ben Khadda, Z. *et al.* Farmers' Knowledge, Attitudes, and Perceptions Regarding Carcinogenic Pesticides in Fez Meknes Region (Morocco). *International Journal of Environmental Research and Public Health* **18**, 10879 (2021).
22. Berenstein, G. *et al.* Human and soil exposure during mechanical chlorpyrifos, myclobutanil and copper oxychloride application in a peach orchard in Argentina. *Sci Total Environ* **586**, 1254–1262 (2017).
23. Bootsikeaw, S. *et al.* Urinary glyphosate biomonitoring of sprayers in vegetable farm in Thailand. *Hum Ecol Risk Assess* **27**, 1019–1036 (2021).
24. Bozdogan, A., Yarpuz-Bozdogan, N., Tobi, I. & Sayinci, B. Estimation of occupational risk in herbicide application. *Fresenius Environmental Bulletin* **24**, 2275–2279 (2015).
25. Bravo, N., Garí, M. & Grimalt, J. O. Occupational and residential exposures to organophosphate and pyrethroid pesticides in a rural setting. *Environ Res* **214**, 114186 (2022).
26. Bresson, M. *et al.* 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 (2022).
27. Brisbois, B. Bananas, pesticides and health in southwestern Ecuador: A scalar narrative approach to targeting public health responses. *Social Science & Medicine* **150**, 184–191 (2016).

28. Brisbois, B. W., Harris, L. & Spiegel, J. M. Political Ecologies of Global Health: Pesticide Exposure in Southwestern Ecuador's Banana Industry. *Antipode* **50**, 61–81 (2018).
29. Buralli et al. Knowledge, Attitudes and Practices of Brazilian Family Farmers on Pesticides Exposure. *Saude e Sociedade* 30(4), (2021).  
<https://doi.org/10.1590/S0104-12902021210103>.
30. Bureau, M. *et al.* Pesticide exposure of workers in apple growing in France. *Int Arch Occup Environ Health* **95**, 811–823 (2022).
31. Bureau-Point, E. Pesticides et récits de crise dans le monde paysan cambodgien. *Anthropologie et sante* (2021) doi:10.4000/anthropologiesante.9054.
32. Callahan, C. L. *et al.* Longitudinal assessment of occupational determinants of chlorpyrifos exposure in adolescent pesticide workers in Egypt. *Int J Hyg Environ Health* **220**, 1356–1362 (2017).
33. Cao, L. *et al.* Assessment of potential dermal and inhalation exposure of workers to the insecticide imidacloprid using whole-body dosimetry in China. *J Environ Sci (China)* **27**, 139–146 (2015).
34. Cao, L. *et al.* Potential dermal and inhalation exposure to imidacloprid and risk assessment among applicators during treatment in cotton field in China. *Sci Total Environ* **624**, 1195–1201 (2018).
35. Clausing, P. Glyphosate: The European Controversy-A Review of Civil Society Struggles and Regulatory Failures. *Business and Human Rights Journal* **4**, 351–356 (2019).
36. Coman, Marcu, Chereches, Leppälä, & Van Den Broucke. Educational Interventions to Improve Safety and Health Literacy Among Agricultural Workers: A Systematic Review. *IJERPH* **17**, 1114 (2020).
37. Connolly, A. *et al.* Evaluating Glyphosate Exposure Routes and Their Contribution to Total Body Burden: A Study Among Amenity Horticulturalists. *Ann Work Expo Health* **63**, 133–147 (2019).
38. Connolly, A. *et al.* Exposure assessment using human biomonitoring for glyphosate and fluroxypyr users in amenity horticulture. *Int J Hyg Environ Health* **220**, 1064–1073 (2017).
39. Costa, C. *et al.* Assessment of Mancozeb Exposure, Absorbed Dose, and Oxidative Damage in Greenhouse Farmers. *Int J Environ Res Public Health* **19**, 10486 (2022).
40. Coudel, E. *et al.* Rendre visible les impacts des pesticides du soja : contributions et limites d'un observatoire de science citoyenne à Santarém, Amazonie brésilienne. *vertigo* (2021) doi:10.4000/vertigo.33716.
41. Damalas, C. A. & Abdollahzadeh, G. Farmers' use of personal protective equipment during handling of plant protection products: Determinants of implementation. *Sci Total Environ* **571**, 730–736 (2016).
42. Dedieu, F. & Jouzel, J.-N. Comment ignorer ce que l'on sait ? : La domestication des savoirs inconfortables sur les intoxications des agriculteurs par les pesticides. *Revue française de sociologie* **56**, 105–133 (2015).

43. Dedieu, F. & Jouzel, J.-N. Des difficultés de l'enquête médicale en milieu de travail contaminé. *Ethnologie française* **45**(1), 67–75.
44. Dedieu, F. & Jouzel, J.-N. La domestication de l'épidémiologie: Les maladies professionnelles liées aux pesticides, de la science à la reconnaissance. *Gouvernement et action publique* **9**, 15–40 (2020).
45. Desbois, D. Exposition aux pesticides : de l'insuffisance des statistiques de santé publique aux promesses des applications mobiles de santé. *Terminal* (2017) doi:10.4000/terminal.1657.
46. Elahi, E., Weijun, C., Zhang, H. & Nazeer, M. Agricultural intensification and damages to human health in relation to agrochemicals: Application of artificial intelligence. *Land Use Policy* **83**, 461–474 (2019).
47. Endalew, M., Gebrehiwot, M. & Dessie, A. Pesticide Use Knowledge, Attitude, Practices and Practices Associated Factors Among Floriculture Workers in Bahirdar City, North West, Ethiopia, 2020. *Environmental Health Insights* **16**, 117863022210762 (2022).
48. Espanhol-Soares, M., Teodoro de Oliveira, M. & Machado-Neto, J. G. Loss of effectiveness of protective clothing after its use in pesticide sprays and its multiple washes. *J Occup Environ Hyg* **14**, 113–123 (2017).
49. Flynn, T. G. *et al.* Reducing dermal exposure to agrochemical carcinogens using a fluorescent dye-based intervention among subsistence farmers in rural Honduras. *Int J Hyg Environ Health* **234**, 113734 (2021).
50. Formoso, B. Sensibilisation et réponse des agriculteurs du nord-est de la Thaïlande à la pollution environnementale aux pesticides. *Vertigo* (2021) doi:10.4000/vertigo.33906.
51. Fuhrmann, S. *et al.* Variability and predictors of weekly pesticide exposure in applicators from organic, sustainable and conventional smallholder farms in Costa Rica. *Occupational and environmental medicine* **77**, 40–47 (2020).
52. Fustinoni, S. *et al.* Biological monitoring of exposure to tebuconazole in winegrowers. *J Expo Sci Environ Epidemiol* **24**, 643–649 (2014).
53. Gamlin, J. Huichol Migrant Laborers and Pesticides: Structural Violence and Cultural Confounders. *Medical Anthropology Quarterly* **30**, 303–320 (2016).
54. Gao, B. *et al.* Measurement of operator exposure to chlorpyrifos. *Pest Manag Sci* **70**, 636–641 (2014).
55. Garrigou, A. *et al.* Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use. *Safety Science* **123**, 104527 (2020).
56. Garrigou, A. *et al.* Response from the authors of the article “Critical review of the role of personal protective Equipment (PPE) in the prevention of risks related to agricultural pesticide use” to the letter to the editor from the European crop protection association (ECPA) Occupational and bystander exposure expert group (OBEEG). *Safety Science* **138**, 105191 (2021).
57. Garzia, N. A., Spinelli, J. J., Gotay, C. C. & Teschke, K. Literature review: dermal monitoring data for pesticide exposure assessment of farm workers. *J Agromedicine* **23**, 187–214 (2018).

58. Ginelli, C. *et al.* Pouvoir parler des pesticides ? Une recherche-action pour éprouver les capacités des travailleurs viticoles (Gironde, France). *vertigo* **21**, 1–32 (2021).
59. Grimbuhler, S. & Viel, J.-F. Physiological Strain in French Vineyard Workers Wearing Protective Equipment to Conduct Re-Entry Tasks in Humid Conditions. *Ann Work Expo Health* **62**, 1040–1046 (2018).
60. Guthman, J. & Barbour, M. (En)gendering exposure: pregnant farmworkers and the inadequacy of pesticide notification. *Journal of Political Ecology* **25**, (2018).
61. Guthman, J. & Brown, S. Whose Life Counts: Biopolitics and the “Bright Line” of Chloropicrin Mitigation in California’s Strawberry Industry. *Science, Technology, & Human Values* **41**, 461–482 (2016).
62. Guthman, J. Lives Versus Livelihoods? Deepening the Regulatory Debates on Soil Fumigants in California’s Strawberry Industry: Lives Versus Livelihoods? *Antipode* **49**, 86–105 (2017).
63. Hamsan, H. *et al.* Occurrence of commonly used pesticides in personal air samples and their associated health risk among paddy farmers. *Sci Total Environ* **603–604**, 381–389 (2017).
64. Han, R. *et al.* Tracking pesticide exposure to operating workers for risk assessment in seed coating with tebuconazole and carbofuran. *Pest Manag Sci* **77**, 2820–2825 (2021).
65. Huc, L. & Jouzel, J.-N. L’évaluation des risques des pesticides : entre savoir réglementaire et science académique: *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* N° **104**, 28–31 (2021).
66. Illyassou, K. M., Adamou, R. & Schiffers, B. Exposure assessment of operators to pesticides in Kongou, a sub-watershed of Niger River valley. *J Environ Sci Health B* **54**, 176–186 (2019).
67. Isgren, E. & Andersson, E. An Environmental Justice Perspective on Smallholder Pesticide Use in Sub-Saharan Africa. *Journal of Environment and Development* **30**, 68–97 (2021).
68. Jiang, W., Hernandez, B., Richmond, D. & Yanga, N. Harvesters in strawberry fields: A literature review of pesticide exposure, an observation of their work activities, and a model for exposure prediction. *J Expo Sci Environ Epidemiol* **27**, 391–397 (2017).
69. Jouzel, J.-N. & Prete, G. De l’exploitation familiale à la mobilisation collective. pesticides. *Travail et emploi* **147**, 77–100 (2016).
70. Jouzel, J.-N. & Prete, G. Des journalistes qui font les victimes ? : Le traitement médiatique des maladies professionnelles liées aux pesticides. *etudesrurales* 155–170 (2016) doi:10.4000/etudesrurales.11361.
71. Jouzel, J.-N. & Prete, G. La normalisation des alertes sanitaires. Le traitement administratif des données sur l’exposition des agriculteurs aux pesticides. *Droit et société* **96**, 241–256 (2017).

72. Jouzel, J.-N. & Prete, G. Mettre en mouvement les agriculteurs victimes des pesticides: Émergence et évolution d'une coalition improbable. *Politix* n° **111**, 175 (2015).
73. Jouzel, J.-N. Microscopic and macroscopic: conflicting disciplinary views on pesticides and occupational health. *Environnement Risques Santé* **19**, 106–112 (2020).
74. Jouzel, J.-N. *Pesticides, comment ignorer ce que l'on sait ?* (Presses de Sciences Po, 2019).
75. Kannuri, N. K. & Jadhav, S. Generating toxic landscapes: impact on well-being of cotton farmers in Telangana, India. *Anthropology and Medicine* **25**, 121–140 (2018).
76. Kapeleka, J. A., Sauli, E., Sadik, O. & Ndakidemi, P. A. Biomonitoring of Acetylcholinesterase (AChE) Activity among Smallholder Horticultural Farmers Occupationally Exposed to Mixtures of Pesticides in Tanzania. *J Environ Public Health* **2019**, 3084501 (2019).
77. Kennedy, M. C. *et al.* Testing a cumulative and aggregate exposure model using biomonitoring studies and dietary records for Italian vineyard spray operators. *Food Chem Toxicol* **79**, 45–53 (2015).
78. Kim, E., Moon, J.-K., Choi, H. & Kim, J.-H. 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 (2015).
79. Konthonbut, P. *et al.* Paraquat exposure of backpack sprayers in agricultural area in Thailand. *Hum Ecol Risk Assess* **26**, 2798–2811 (2020).
80. Kreße, B. L'usage par les juges allemands de la connaissance scientifique sur la dangerosité des pesticides et des ondes électromagnétiques. *vertigo* (2016) doi:10.4000/vertigo.17835.
81. Lammoglia, S.-K. *et al.* Assessing human health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the BROWSE model. *Environ Int* **105**, 66–78 (2017).
82. Lappharat, S. *et al.* Health risk assessment related to dermal exposure of chlorpyrifos: a case study of rice growing farmers in Nakhon Nayok Province, Central Thailand. *J Agromedicine* **19**, 294–302 (2014).
83. Lari, S. *et al.* Assessment of dermal exposure to pesticides among farmers using dosimeter and hand washing methods. *Front Public Health* **10**, 957774 (2022).
84. Lee, J. *et al.* Occupational exposure and risk assessment for agricultural workers of thiamethoxam in vineyards. *Ecotoxicol Environ Saf* **243**, 113988 (2022).
85. Lesmes-Fabian, C. Dermal exposure assessment to pesticides in farming systems in developing countries: comparison of models. *Int J Environ Res Public Health* **12**, 4670–4696 (2015).
86. Li, Z., Liu, W., Wu, C. & She, D. Effect of spraying direction on the exposure to handlers with hand-pumped knapsack sprayer in maize field. *Ecotoxicol Environ Saf* **170**, 107–111 (2019).



87. López-Gálvez, N. *et al.* Evaluating imidacloprid exposure among grape field male workers using biological and environmental assessment tools: An exploratory study. *Int J Hyg Environ Health* **230**, 113625 (2020).
88. Lu, L., Shi, L., Han, L. & Ling, L. Individual and organizational factors associated with the use of personal protective equipment by Chinese migrant workers exposed to organic solvents. *Safety Science* **76**, 168–174 (2015).
89. Lucas, M. L'usage par les juges français des connaissances scientifiques sur la dangerosité des pesticides. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* (2016) doi:10.4000/vertigo.17869.
90. Mahaboonpeeti, R. *et al.* Evaluation of Dermal Exposure to the Herbicide Alachlor Among Vegetable Farmers in Thailand. *Ann Work Expo Health* **62**, 1147–1158 (2018).
91. Mahawati, E. Effect of safety and hygiene practices on lung function among Indonesian farmers exposed to pesticides. *South Eastern European Journal of Public Health* **2022**, (2022).
92. Mandić-Rajčević, S. & Colosio, C. Methods for the Identification of Outliers and Their Influence on Exposure Assessment in Agricultural Pesticide Applicators: A Proposed Approach and Validation Using Biological Monitoring. *Toxics* **7**, 37 (2019).
93. Mandic-Rajcevic, S. *et al.* Dermal exposure and risk assessment of tebuconazole applicators in vineyards. *Med Lav* **106**, 294–315 (2015).
94. Mandic-Rajcevic, S. *et al.* Environmental and biological monitoring for the identification of main exposure determinants in vineyard mancozeb applicators. *J Expo Sci Environ Epidemiol* **28**, 289–296 (2018).
95. Mandic-Rajcevic, S. *et al.* Exposure duration and absorbed dose assessment in pesticide-exposed agricultural workers: Implications for risk assessment and modeling. *Int J Hyg Environ Health* **222**, 494–502 (2019).
96. Mandić-Rajčević, S., Rubino, F. M. & Colosio, C. Establishing health-based biological exposure limits for pesticides: A proof of principle study using mancozeb. *Regul Toxicol Pharmacol* **115**, 104689 (2020).
97. Markantonis, M. *et al.* Assessment of occupational and dietary exposure to pesticide residues. *EFSA J* **16**, e16087 (2018).
98. Martin, A. La production des savoirs sur les pesticides dans la réglementation européenne. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* (2016) doi:10.4000/vertigo.17878.
99. May, J. J. & Arcury, T. A. Occupational Injury and Illness in Farmworkers in the Eastern United States. in *Latinx Farmworkers in the Eastern United States* (eds. Arcury, T. A. & Quandt, S. A.) 41–81 (Springer International Publishing, 2020). doi:10.1007/978-3-030-36643-8\_3.
100. Meirelles, L. A., Veiga, M. M. & Duarte, F. A contaminação por agrotóxicos e o uso de EPI: análise de aspectos legais e de projeto. *laboreal* **12**, (2016).
101. Mercadante, R. *et al.* Assessment of penconazole exposure in winegrowers using urinary biomarkers. *Environ Res* **168**, 54–61 (2019).

102. Morgan, N. *et al.* Dose Setting for Dermal Absorption Studies on Dried Foliar Residues. *Ann Work Expo Health* **65**, 397–405 (2021).
103. Mormeta, B. N. Assessment of pesticide hazard related knowledge and practices of agricultural extension workers in selected small-scale horticulture production areas in Ethiopia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development* **13(1)**, 5-15 (2019).
104. Mostert, V. *et al.* REACH Worker Exposure Model for Co-formulants Used in Plant Protection Products. *Ann Work Expo Health* **63**, 54–67 (2019).
105. Msibi, S. S. *et al.* High pesticide inhalation exposure from multiple spraying sources amongst applicators in Eswatini, Southern Africa. *Pest Manag Sci* **77**, 4303–4312 (2021).
106. Naksata, M., Watcharapasorn, A., Hongsibsong, S. & Sapbamrer, R. Development of Personal Protective Clothing for Reducing Exposure to Insecticides in Pesticide Applicators. *Int J Environ Res Public Health* **17**, 3303 (2020).
107. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) The Netherlands *et al.* Assessment of occupational and dietary exposure to pesticide residues. *EFSA J* **16**, e16087 (2018).
108. Ndayambaje, B. *et al.* Pesticide Application Practices and Knowledge among Small-Scale Local Rice Growers and Communities in Rwanda: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **16**, 4770 (2019).
109. Nicourt, C. Les mobilisations des victimes de pesticides ont-elles modifié les pratiques des viticulteurs languedociens ? *vertigo* (2016) doi:10.4000/vertigo.17070.
110. Noh, H. H. *et al.* Risk of dermal and inhalation exposure to chlorantraniliprole assessed by using whole-body dosimetry in Korea. *Pest Manag Sci* **75**, 1159–1165 (2019).
111. Nwadike, C. *et al.* Occupational safety knowledge, attitude, and practice among farmers in northern Nigeria during pesticide application—a case study. *Sustainability (Switzerland)* **13**, (2021).
112. Okonya, J. S. & Kroschel, J. A Cross-Sectional Study of Pesticide Use and Knowledge of Smallholder Potato Farmers in Uganda. *BioMed Research International* **2015**, 1–9 (2015).
113. Pate, M. L., Beard, F. R. & Hall, K. Utah Regional Differences in Respirator Use and Fit Testing among Pesticide Applicators. *J Agric Saf Health* **23**, 55–66 (2017).
114. Pena Alves A. & Dixon B. Pesticide exposure and the physical and economic health of US crop workers. *Applied Economic Perspectives and Policy* **44(4)**, 2087-2114 (2021).
115. Pouzou, J. G., Cullen, A. C., Yost, M. G., Kissel, J. C. & Fenske, R. A. Comparative Probabilistic Assessment of Occupational Pesticide Exposures Based on Regulatory Assessments. *Risk Analysis* **38**, 1223–1238 (2018).
116. Quandt, S. A., Kinzer, H. T., Trejo, G., Mora, D. C. & Sandberg, J. C. The health of women farmworkers and women in farmworker families in the eastern United States. *Latinx Farmworkers in the Eastern United States: Health, Safety, and Justice: Second Edition* 133–161 (2020) doi:10.1007/978-3-030-36643-8\_6.
117. Ren, J. *et al.* Potential exposure to clothianidin and risk assessment of manual users of treated soil. *Pest Manag Sci* **73**, 1798–1803 (2017).

118. Rezaei, R., Seidi, M. & Karbasioun, M. Pesticide exposure reduction: Extending the theory of planned behavior to understand Iranian farmers' intention to apply personal protective equipment. *Safety Science* **120**, 527–537 (2019).
119. Rincón, V. J., Páez, F. C. & Sánchez-Hermosilla, J. Potential dermal exposure to operators applying pesticide on greenhouse crops using low-cost equipment. *Sci Total Environ* **630**, 1181–1187 (2018).
120. Robinson, C. *et al.* Achieving a High Level of Protection from Pesticides in Europe: Problems with the Current Risk Assessment Procedure and Solutions. *European Journal of Risk Regulation* **11**, 450–480 (2020).
121. Roitzsch, M. *et al.* Dermal and Inhalation Exposure of Workers during Control of Oak Processionary Moth (OPM) by Spray Applications. *Ann Work Expo Health* **63**, 294–304 (2019).
122. Rudzi, S. K., Ho, Y. B., Tan, E. S. S., Jalaludin, J. & Ismail, P. Exposure to Airborne Pesticides and Its Residue in Blood Serum of Paddy Farmers in Malaysia. *Int J Environ Res Public Health* **19**, 6806 (2022).
123. Sahin, M., Nazlican, E., Yarpuz-Bozdogan, N., Daglioglu, N. & Atasoy, A. Determination of dermal exposure levels by patch methods in pesticide operators. **30**, 12635–12645 (2021).
124. Sankaran, G. *et al.* The Importance of Hand Exposures to Absorbed Dosage of Hand Harvesters. *J Toxicol Environ Health A* **78**, 1369–1383 (2015).
125. Sapbamrer, R., Hongsihsong, S. & Kerdnoi, T. Urinary dialkylphosphate metabolites and health symptoms among farmers in Thailand. *Arch Environ Occup Health* **72**, 145–152 (2017).
126. Sapbamrer, R., Hongsihsong, S., Naksata, M. & Naksata, W. Insecticide Filtration Efficiency of Respiratory Protective Equipment Commonly Worn by Farmers in Thailand. *Int J Environ Res Public Health* **18**, 2624 (2021).
127. Sapbamrer, R., Naksata, M., Hongsihsong, S., Chittrakul, J. & Chaiut, W. Efficiency of Gum Rosin-Coated Personal Protective Clothing to Protect against Chlorpyrifos Exposure in Applicators. *Int J Environ Res Public Health* **19**, 2594 (2022).
128. Saraji, M., Talebi, K., Balali-Mood, M. & Imani, S. Urinary metabolites of diazinon and chlorpyrifos in sprayer operators and farm workers of a potato farm. *J Environ Sci Health B* **57**, 745–755 (2022).
129. Saxton, D. I. Ethnographic movement methods: anthropology takes on the pesticide industry. *Journal of Political Ecology* **22**, 369–388 (2015).
130. Saxton, D. I. *The devil's fruit: farmworkers, health and environmental justice*. (Rutgers University Press, 2021).
131. Senanayake, N. “We Spray So We Can Live”: Agrochemical Kinship, Mystery Kidney Disease, and Struggles for Health in Dry Zone Sri Lanka. *Annals of the American Association of Geographers* **112**, 1047–1064 (2022).
132. Sexsmith, K. & Griffin, M. A. M. Gender and precarious work in agriculture. in *Routledge Handbook of Gender and Agriculture* (eds. Sachs, C. E., Jensen, L., Castellanos, P. & Sexsmith, K.) 326–335 (Routledge, 2020). doi:10.4324/9780429199752-30.

133. Shattuck, A. Toxic Uncertainties and Epistemic Emergence: Understanding Pesticides and Health in Lao PDR. *Annals of the American Association of Geographers* **111**, 216–230 (2021).
134. Silvério, A. C. P. *et al.* Assessment of exposure to pesticides in rural workers in southern of Minas Gerais, Brazil. *Environ Toxicol Pharmacol* **55**, 99–106 (2017).
135. Sookhtanlou, M., Allahyari, M. S. & Surujlal, J. Health Risk of Potato Farmers Exposed to Overuse of Chemical Pesticides in Iran. *Safety and Health at Work* **13**, 23–31 (2022).
136. Spaan, S., Glass, R., Goede, H., Ruiters, S. & Gerritsen-Ebben, R. Performance of a Single Layer of Clothing or Gloves to Prevent Dermal Exposure to Pesticides. *Ann Work Expo Health* **64**, 311–330 (2020).
137. Stedile, N. L. R., Faria, N. M. X., Claus, S. M. & Brandão, D. S. Caracterização das unidades de produção agrícola que usam agrotóxicos em Vacaria (RS). *Rev. Econ. Sociol. Rural* **60**, e234912 (2022).
138. Stein, S. & Luna, J. Toxic Sensorium: Agrochemicals in the African Anthropocene. *Environment and Society* **12**, 87–107 (2021).
139. Taheri, E., Yousefinejad, S., Dehghani, F. & Jafari, S. Inhalation health risk assessment of occupational exposure to cypermethrin in farmers. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* **0**, 1–11 (2021).
140. Tambe, A. B., Mbanga, B. M. R., Nzefa, D. L. & Nama, M. G. Pesticide usage and occupational hazards among farmers working in small-scale tomato farms in Cameroon. *J. Egypt. Public. Health. Assoc.* **94**, 20 (2019).
141. Taneepanichskul, N. *et al.* Organophosphate pesticide exposure and dialkyl phosphate urinary metabolites among chili farmers in northeastern Thailand. *Rocz Panstw Zakl Hig* **65**, 291–299 (2014).
142. Tefera, Y. M., Thredgold, L., Pisaniello, D. & Gaskin, S. The greenhouse work environment: a modifier of occupational pesticide exposure? *J Environ Sci Health B* **54**, 817–831 (2019).
143. Thouvenin, I., Bouneb, F. & Mercier, T. Operator dermal exposure and protection provided by personal protective equipment and working coveralls during mixing/loading, application and sprayer cleaning in vineyards. *Int J Occup Saf Ergon* **23**, 229–239 (2017).
144. Thredgold, L., Gaskin, S., Quy, C. & Pisaniello, D. Exposure of Agriculture Workers to Pesticides: The Effect of Heat on Protective Glove Performance and Skin Exposure to Dichlorvos. *Int J Environ Res Public Health* **16**, 4798 (2019).
145. Tsakirakis, A. N. *et al.* Determination of pesticide dermal transfer to operators and agricultural workers through contact with sprayed hard surfaces. *Pest Manag Sci* **74**, 2858–2863 (2018).
146. Van den Berg, F. *et al.* Modelling exposure of workers, residents and bystanders to vapour of plant protection products after application to crops. *Sci Total Environ* **573**, 1010–1020 (2016).
147. Wong, H. L. & Brown, C. D. Assessment of occupational exposure to pesticides applied in rice fields in developing countries: a critical review. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* **18**, 499–520 (2021).

148. Wong, H. L., Garthwaite, D. G., Ramwell, C. T. & Brown, C. D. Assessment of exposure of professional agricultural operators to pesticides. *Sci Total Environ* **619–620**, 874–882 (2018).
149. Yan, X., Zhou, Y., Liu, X., Yang, D. & Yuan, H. Minimizing Occupational Exposure to Pesticide and Increasing Control Efficacy of Pests by Unmanned Aerial Vehicle Application on Cowpea. *Applied Sciences* **11**, 9579 (2021).
150. Zemmouri, B. *et al.* Modelling human health risks from pesticide use in innovative legume-cereal intercropping systems in Mediterranean conditions. *Ecotoxicol Environ Saf* **238**, 113590 (2022).
151. Zhao, M.-A., Yu, A., Zhu, Y.-Z. & Kim, J.-H. Potential Dermal Exposure to Flonicamid and Risk Assessment of Applicators During Treatment in Apple Orchards. *J Occup Environ Hyg* **12**, D147-152 (2015).

## **Deuxième partie**

# **Analyse critique de l'expertise en matière de maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides**

### **Introduction**

La maîtrise des expositions professionnelles aux pesticides (terme regroupant les sous-catégories de produits phytopharmaceutiques, de certains médicaments vétérinaires, et de certains biocides, relevant chacune de différentes législations européennes) constitue un élément important de l'évaluation et de la gestion des risques liés à ces produits. En effet, les personnes travaillant en agriculture, qu'elles aient des statuts d'exploitants, d'aides familiales, de salariés permanents ou précaires, de stagiaires, de techniciens intervenant sur les exploitations, constituent la population humaine la plus exposée aux produits phytopharmaceutiques utilisés sur les cultures comme aux produits antiparasitaires (certains médicaments vétérinaires et certains biocides) utilisés en élevage. Mesurer et limiter ces expositions nécessite de s'appuyer sur des connaissances scientifiques. Dans cette partie du rapport nous proposons de rendre compte de la manière dont les connaissances disponibles sur l'exposition professionnelle aux pesticides en agriculture sont utilisées à des fins d'évaluation et de prévention des risques. Nous nous appuyons pour cela sur la revue de la littérature que nous avons effectuée, ainsi que sur des auditions auprès d'agences et institutions impliquées à des degrés divers dans l'évaluation ou la prévention des risques professionnels liés aux pesticides : l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), la *European Food Safety Authority* (EFSA), les ministères de l'Agriculture et du Travail, la Mutualité sociale agricole (MSA) et le Bureau de la Normalisation Textile-Habillement. En réponse à des sollicitations de notre part, Phyteis, qui représente les industriels de la phytopharmacie en France, et l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) nous ont également fait parvenir des courriers contenant des réponses à une série de questions écrites. Sur la base de ces informations, la dernière section de cette partie présente un ensemble de recommandations qui ont été revues et enrichies à la lumière des recommandations émises en 2016 par un groupe d'experts constitué par l'ANSES pour aborder la question de l'exposition professionnelle aux pesticides dans le secteur agricole.

### **1. Contexte**

#### **1.1. Les évolutions de l'encadrement réglementaire des modalités de mesure de l'exposition professionnelle aux pesticides**

L'histoire scientifique des données sur l'exposition des travailleurs de l'agriculture aux pesticides est intimement liée à l'histoire politique du contrôle de ces produits et de leurs dangers.

En France, l'élaboration de réglementations portant sur la dangerosité de produits toxiques utilisés en agriculture, dans les cultures comme en élevage, commence véritablement en 1916 avec la mise en place d'une législation sur le commerce, la détention et l'usage de substances vénéneuses (Bogelot et Toraude 1916). Cette législation qui reconnaît la toxicité de certaines substances vise à contrôler l'usage des produits les contenant. Cet usage contrôlé repose alors avant tout sur un ensemble de textes réglementaires portant sur la traçabilité des produits, les personnes habilitées à les vendre et les manipuler, les conditions de stockage et d'utilisation. En agriculture, cette réglementation impose notamment – au moins dans les textes – pour les ouvriers agricoles l'obligation du port de vêtements de protection et des mesures d'hygiène. Elle prévoit le classement des substances utilisées dans deux tableaux (A ou C) suivant leur niveau de toxicité, évalué par un travail d'expertise qui pouvait interroger l'exposition des ouvriers agricoles. Cette approche d'une autorisation de produits à base de substances reconnues comme extrêmement toxiques (ayant notamment une toxicité aiguë élevée) sous réserve de mesures visant à limiter les expositions est renforcée avec la mise en place de l'homologation des produits en France en 1943 et continue d'être déployée dans l'après-guerre (Perrot, 1948 ; Moreau et al. 1969). L'efficacité comme la mise en œuvre des mesures visant à limiter les expositions, avec en leur centre le port de vêtements et d'équipement de protection, ne semblent cependant jamais étudiées au cours de cette période.

C'est d'abord aux États-Unis, après la Deuxième Guerre mondiale, que sont produites les premières connaissances sur l'exposition des personnes travaillant en agriculture. À cette période, l'agriculture outre-Atlantique connaît l'accélération rapide d'un important mouvement de modernisation entamé dès le dernier tiers du dix-neuvième siècle dans certaines filières. Ce mouvement voit les exploitations s'agrandir, se mécaniser, et recourir de plus en plus massivement aux pesticides pour garantir les récoltes et augmenter les rendements. Afin de vérifier l'efficacité et l'innocuité de ces produits toxiques est instaurée dès 1947 une procédure fédérale d'autorisation administrative de mise sur le marché par le *Federal Insecticide Fungicide and Rodenticide Act*. Une telle disposition avait déjà été envisagée dans les années 1930, à la suite d'importants scandales et mobilisations, mais avait finalement été repoussée au profit d'une législation moins exigeante et pourtant présentée comme extrêmement protectrice (Whorton 1974). A partir de 1947, les industriels désireux de commercialiser des pesticides aux États-Unis doivent au préalable soumettre un dossier identifiant une valeur acceptable d'exposition pour les « opérateurs » qui effectuent le mélange, le chargement et l'épandage des produits. Ils doivent également montrer que l'utilisation du produit n'entraînera pas de dépassement de cette dose d'exposition acceptable. De premières données sur les niveaux d'exposition des opérateurs aux pesticides sont alors produites aux États-Unis, dans le cadre de recherches conduites par des entomologistes et des toxicologues - universitaires ou industriels. Ces derniers effectuent des études en champ, au moyen de patchs disposés sur le corps des opérateurs pour mesurer leur niveau de contamination à l'issue des opérations de traitement (Sellers 1997 ; Jouzel 2019 ; Washburn 2019). Sur la base des résultats de ces études sont formulées, sur l'étiquette des produits autorisés à la vente, des préconisations relatives aux mesures d'hygiène (port de vêtements de protection, douche...) nécessaires pour assurer la sécurité des opérateurs.

La mise en œuvre de cette loi fait assez rapidement l'objet de critiques qui s'intensifient à partir des années 1960 (Montrie 2018 ; Nash 2004). Le *Department of Agriculture*, chargé de son application, est accusé de privilégier les intérêts agricoles au détriment de la préservation de l'environnement et de la santé humaine (Bosso 1987 ; Daniel 2005). Des mouvements sociaux dénoncent en particulier l'échec de cette législation à prévenir les expositions des ouvriers et ouvrières agricoles qui, sans directement manipuler les pesticides, peuvent entrer en contact avec leurs résidus présents sur les végétaux traités (Montrie 2018 ; Néraud 2009).

En 1970, en réponse à ces mobilisations, l'évaluation des risques des pesticides est retirée au *Department of Agriculture* pour être confiée à une nouvelle agence fédérale, l'*Environmental Protection Agency* (EPA). Afin de rétablir la confiance dans les politiques de contrôle des pesticides, cette dernière cherche à formaliser les procédures devant être suivies par les industriels pour évaluer les risques de leurs produits. Les firmes du secteur déploient alors un intense lobbying pour participer à la fixation de ces règles du jeu (Boudia 2014). En matière d'évaluation des risques pour la main d'œuvre agricole, l'EPA fixe au début des années 1980 les lignes directrices à suivre pour estimer l'exposition non seulement des opérateurs qui effectuent les traitements, mais également des « travailleurs » (*workers*) indirectement exposés aux produits lorsqu'ils interviennent sur des végétaux préalablement traités. Sur la base de ces estimations des niveaux d'exposition, les industriels peuvent proposer des mesures d'atténuation permettant d'estimer une exposition inférieure à la dose acceptable d'exposition professionnelle, principalement au moyen de recommandations portant sur le port de vêtements et de gants de protection, portées à la connaissance des utilisateurs des pesticides par le biais de l'étiquetage des produits.

Loin d'être spécifique aux États-Unis, ce mouvement de formalisation des modalités de l'estimation des expositions professionnelles aux pesticides s'étend rapidement au Canada et dans certains pays européens. Quelques États membres de la Communauté économique européenne (CEE) (Royaume-Uni, République fédérale allemande, Pays-Bas) entreprennent dans les années 1980 de préciser les modalités de l'estimation des niveaux de contamination des opérateurs et des travailleurs utilisant des produits phytopharmaceutiques. En 1991, la Directive CEE 91/414 engage le rapprochement des législations des pays membres en matière d'évaluation des risques des pesticides. Cette Directive a pour but d'accélérer la libéralisation des flux de marchandises sur le sol de la CEE, les spécificités nationales en matière d'évaluation réglementaire des risques des pesticides préalablement à leur autorisation de mise sur le marché constituant autant de barrières douanières non tarifaires qu'il s'agit d'éradiquer autant que faire se peut. La Directive 91/414 précise ainsi dans ses considérants qu'« en raison des dangers, il existe dans la plupart des États membres des réglementations régissant l'autorisation des produits phytosanitaires » et « que lesdites réglementations présentent des différences constituant des obstacles non seulement aux échanges de produits phytopharmaceutiques, mais aussi aux échanges de produits végétaux, et qu'elles affectent directement l'établissement et le fonctionnement du marché intérieur ».

Au-delà de l'espace européen, la recherche de modalités communes d'évaluation des risques des pesticides pour la main-d'œuvre exposée revêt une dimension internationale. Les négociations de l'*Uruguay Round* préalables à la création de l'Organisation mondiale du commerce en 1995 aboutissent ainsi à l'adoption de l'Accord sur l'Application des Mesures



Sanitaires et Phytosanitaires, dont un des enjeux est de promouvoir l'harmonisation globale des règles en matière d'évaluation des risques liés aux pesticides, et notamment d'estimation des niveaux d'exposition des travailleurs de l'agriculture. Des négociations sont également menées au sein de l'Organisation pour la coopération et le développement économique (OCDE) qui a adopté, dès 1981, la décision relative à l'Acceptation Mutuelle des Données pour l'évaluation des produits chimiques (AMD)<sup>66</sup>, notamment dans l'objectif de réduire les barrières au commerce et aider l'industrie à économiser le temps et l'argent en coopérant pour mettre à l'essai et évaluer les pesticides. Dans ce cadre ocdéen, des acteurs industriels (dont Zeneca, Rhône Poulenc, Miles et Bayer) et institutionnels (comme l'US-EPA, Santé Canada ou TNO – Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée –) collaborent en vue de produire une ligne directrice sur la conduite des études produisant des données d'exposition aux pesticides des personnes travaillant en agriculture. Une série de réunions préparatoires à La Haye en 1992 (Chester 1993) et Ottawa en 1993 conduisent à l'adoption, en 1997, de cette ligne directrice (OECD 1997). Celle-ci fixe les procédures à suivre pour conduire une étude de l'exposition des opérateurs aux pesticides durant leur application. Conformément à l'AMD, toute étude d'exposition aux pesticides conduite dans le respect de cette ligne directrice est acceptable dans l'ensemble des pays membres de l'OCDE. Cette ligne directrice est formellement introduite dans l'arsenal normatif européen en 2013 par une communication de la Commission<sup>67</sup> prise pour l'application du règlement 284/2013 relatif aux exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques<sup>68</sup>. Cette ligne directrice, qui a un caractère juridiquement non contraignant selon le considérant 58 du règlement 1109/2009, fait encore partie des normes européennes pour produire des données relatives à l'exposition des opérateurs et des travailleurs<sup>69</sup>.

Au fil de cette histoire s'est constitué un corpus de données issues de mesures de contamination d'opérateurs préparant ou épandant des préparations phytopharmaceutiques et de travailleurs effectuant des tâches dans des champs ou des vergers traités, dans des conditions expérimentales contrôlées, correspondant aux attentes des administrations chargées de la régulation de ces produits. Elles ont permis d'identifier la peau comme principale voie de contamination par les pesticides des personnes travaillant en agriculture, de repérer des

---

<sup>66</sup> Décision du Conseil relative à l'acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques, 12 mai 1981, C(81)30 final.

<sup>67</sup> Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre du règlement (UE) 284/2013 de la Commission du 1er mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, JO C 95 du 3.4.2013, p. 21.

<sup>68</sup> Règlement (UE) n° 284/2013 de la Commission du 1er mars 2013 établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) n° 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, JO L 93 du 3.4.2013, p. 85.

<sup>69</sup> Communication de la Commission dans le cadre de la mise en œuvre de la partie A de l'annexe du règlement (UE) no 284/2013 de la Commission établissant les exigences en matière de données applicables aux produits phytopharmaceutiques, conformément au règlement (CE) no 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, JO C 344 du 29.9.2023, p. 1, Points 7.2.1 et 7.2.3.

déterminants importants des niveaux d'exposition professionnelle (comme l'ancienneté du matériel d'épandage), ou encore de mesurer l'efficacité des vêtements, des gants ou des masques de protection dans ces conditions contrôlées. Au cours des années 1980, certaines administrations ont compilé ces données dans des bases qui permettent de modéliser les niveaux d'exposition attendus lors de l'utilisation professionnelle des pesticides en agriculture, en fonction des quantités épandues par hectare, des modes d'épandage et du port de vêtements de protection : le modèle PHED (*Pesticide Handler Exposure Data*) aux États-Unis, le modèle BBA (*Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry*) en Allemagne et le *Predictive Operator Exposure Model* (UK POEM) au Royaume-Uni. Au cours des années 1990 et 2000, ces deux derniers modèles étaient principalement utilisés par les États Membres de l'Union Européenne (UE) pour estimer les expositions des opérateurs aux pesticides. Dans les années 2000, l'agence néerlandaise TNO a tenté de proposer un modèle européen à partir de données de terrain collectées notamment par des équipes académiques, modèle qui n'a jamais été validé pour des raisons non explicitées.

Ces données ont également contribué à façonner l'arsenal des politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides qui se sont déployées aux États-Unis comme au sein de l'UE. Ces politiques s'appuient sur un ensemble de prescriptions censées garantir un usage contrôlé de ces produits. Les mesures d'hygiène individuelle en constituent le cœur : ne pas fumer ou s'alimenter durant les opérations de mélange, de chargement ou d'épandage des préparations phytopharmaceutiques ; se laver les mains ; porter les vêtements de protection préconisés sur l'étiquette des produits utilisés. Ces politiques ne changent donc pas fondamentalement celles instaurées en France, et dans d'autres pays, depuis plus d'un siècle. A partir des années 1980, elles reposent cependant sur une bien plus grande sophistication, qui fait appel à des mesures, des modèles, et des évaluations réglementaires de l'exposition.

## **1.2. La production de données d'exposition mettant en doute les modalités de l'évaluation et de la gestion des risques professionnels liés aux pesticides**

Initié au début des années 1990, le processus européen d'harmonisation de l'estimation des expositions professionnelles aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques s'est avéré une gageure. Le rapport évaluant la mise en œuvre de la Directive CEE 91/414, produit en 2001 par la Commission à l'intention du Parlement et du Conseil, souligne le petit nombre de substances ayant alors fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de la Directive. Une des raisons invoquées pour expliquer cette lenteur est le manque de données et de méthodologies stabilisées permettant d'évaluer les risques des pesticides : « *in many instances, the risk assessment methodologies required for the evaluations did not exist and had to be developed. It was necessary to develop new science, and then to ensure agreement on its application* » (Commission of the European Communities 2001, 4). Une seconde raison tient au manque de précisions sur les données devant être fournies dans les dossiers de demande d'approbation des substances actives : « *Due to the initial lack of consensus on criteria to assess the conventional substances, even after harmonised data requirements had been agreed, a significant degree of variation became apparent between review practices among individual Rapporteur Member States. This problem had to be corrected by the development and adoption of a series of guidance documents. Some of these required in-depth research efforts that are still not complete...* » (European Commission 2001). Nous ne possédons pas à ce jour le détail

du développement des documents guide issus de ces processus<sup>70</sup>, et en particulier celui concernant l'évaluation de l'exposition des opérateurs et des travailleurs.

La mise au point d'un document-guide fixant les modalités de l'estimation des expositions de la main-d'œuvre agricole aux pesticides est compliquée par la production, à la jonction des 20<sup>e</sup> et 21<sup>e</sup> siècles, de nouvelles données produites non dans le cadre réglementaire de l'évaluation des risques, mais dans celui de la recherche académique. Un ensemble d'études épidémiologiques convergent en effet alors pour mettre en évidence l'exposition professionnelle aux produits phytopharmaceutiques (les pesticides utilisés en élevage ne faisant alors pas l'objet de travaux) comme un facteur de risque pour un ensemble de pathologies chroniques cancéreuses (myélome multiple, lymphome malin non hodgkinien, cancer de la prostate), neurodégénératives (maladie de Parkinson) ou respiratoires (BPCO, bronchite chronique). Ces résultats donnent à voir les limites de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides et des politiques d'usage contrôlé auxquelles elle est associée. Cependant, ces études épidémiologiques souffrent souvent d'importantes imprécisions en ce qui concerne la caractérisation des expositions des travailleurs agricoles aux pesticides. Compte tenu du temps de latence, parfois long de plusieurs décennies, des pathologies étudiées et de la variété des pesticides utilisés en agriculture, il est en effet très difficile de retracer avec précision les expositions des opérateurs et des travailleurs inclus dans les études.

Pour pallier ce défaut et rendre leurs données plus robustes, certaines équipes d'épidémiologistes aux États-Unis (dans le cadre du développement d'index d'exposition aux pesticides au sein de la cohorte prospective *Agricultural Health Study*), au Canada (équipe de Santé Canada et *University of Ottawa*) mais aussi en Europe (notamment par l'équipe de TNO aux Pays-Bas) ont entrepris des études portant sur l'exposition professionnelle aux pesticides. C'est aussi le cas en France, où l'étude Pestexpo, conduite à partir de 2001 par des épidémiologistes des universités de Bordeaux et de Caen, dont deux sont membres de la FS ayant rédigé ce rapport, a produit des données inédites sur l'exposition des agriculteurs aux pesticides en viticulture et en grandes cultures. Plusieurs de ces données conduisent à questionner le bien-fondé de plusieurs des principes sur lesquels repose l'estimation des expositions professionnelles aux pesticides dans le contexte de l'évaluation réglementaire des risques. En premier lieu, l'étude Pestexpo montre que les problèmes techniques inhérents à l'activité de pulvérisation (buses bouchées, fuites sur le pulvérisateur...), qui impliquent un effet important de transfert des équipements contaminés vers le corps, surviennent dans près d'un quart des opérations d'application observées. De plus, les observations réalisées par ces équipes académiques ne sont pas celles les plus défavorables (type de matériel, formation des applicateurs, période de la journée...), sous-estimant certainement la fréquence des problèmes techniques et les niveaux d'exposition réels. Ces observations suggèrent que les modèles réglementaires d'estimation de l'exposition tendent à sous-estimer les expositions professionnelles aux pesticides, en excluant les données d'exposition au-delà du 75<sup>e</sup> percentile dans le cas européen, ou en retenant la moyenne géométrique des données disponibles dans le

---

<sup>70</sup> Le rapport de la Commission produit en 2001 fait référence à une annexe technique conséquente qui détaillerait (entre autres choses) le travail de production des documents guide. Cette annexe est alors indiquée comme étant accessible en ligne. Le lien donné n'est plus actif et, nos recherches pour localiser une version papier n'ont pour l'instant pas abouti.

cas américain<sup>71</sup>. Enfin, les données de Pestexpo posent question quant à la place des équipements de protection tant dans l'évaluation que dans la gestion des risques professionnels liés aux pesticides. Dans les modèles réglementaires d'évaluation des risques, le port de gants ou de combinaisons permet de réduire de 90 à 95 % les niveaux d'exposition estimés pour les zones du corps couvertes. Dans les politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides, ces vêtements occupent une place prépondérante. Or, les données de Pestexpo suggèrent que les gants et les combinaisons ne sont pas toujours portés par les agriculteurs observés et, quand ils le sont, sont nettement moins protecteurs qu'attendu. En viticulture, elles montrent même que, dans certaines situations de travail, les travailleurs observés portant une combinaison peuvent être davantage contaminés que ceux qui n'en portent pas (Baldi et al. 2014).

### **1.3. Les évolutions des politiques d'évaluation et de gestion des risques des pesticides**

Ces données ont été publiées dans un contexte marqué par d'importantes mutations institutionnelles dans le champ de l'évaluation des risques des pesticides préalablement à leur mise sur le marché. À l'échelle de l'UE, le début du 21<sup>e</sup> siècle est marqué par l'intégration croissante des pratiques d'estimation de l'exposition professionnelle dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques. En 2002 est créée l'EFSA, qui s'efforce d'approfondir l'harmonisation de ces pratiques. Le Règlement 1107/2009 renforce l'intégration européenne en la matière, en instaurant, à partir de 2011, trois zones géographiques au sein desquelles l'évaluation des risques des produits phytopharmaceutiques est commune. En France, cette période est marquée par un recul des prérogatives du ministère de l'Agriculture en matière d'évaluation des risques des préparations phytopharmaceutiques. En 2006, cette mission lui est retirée pour être confiée à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'alimentation (AFSSA), puis, en 2010, à l'ANSES.

Au début des années 2010, ces nouveaux acteurs de l'évaluation des risques contribuent à revoir les normes sur l'estimation des expositions professionnelles. En 2010, l'EFSA rend public un avis scientifique intitulé « *Preparation of a Guidance Document on Pesticide Exposure Assessment for Workers, Operators, Residents and Bystanders* », dans lequel l'hétérogénéité des pratiques des États membres en matière d'estimation des expositions professionnelles aux pesticides est pointée comme un frein à l'intégration du marché commun. Ce Document Guide est publié en 2014 (EFSA 2014)<sup>72</sup>. Il synthétise les études scientifiques disponibles, et, sur la base des données d'exposition qui y sont recensées, il propose un modèle d'estimation des expositions professionnelles aux pesticides, l'*Agricultural Operator Exposure Model* (AOEM). Ce modèle ne tient pas compte des données produites dans le cadre de nombreuses études académiques publiées, comme celles issues du projet Pestexpo. A cet égard, le Document Guide

---

<sup>71</sup> Dans les années 1990, au moment où l'évaluation réglementaire des expositions commence à être formalisée dans le contexte européen, certains acteurs proches des industriels revendiquent d'ailleurs d'abandonner la méthode des percentiles au profit d'une approche probabiliste donnant encore moins de poids aux valeurs élevées, comme c'est le cas aux États-Unis. Pierre-Gérard Pontal, « Évaluation de l'exposition des opérateurs : place et utilisation des modèles d'exposition », *Annales de toxicologie analytique*, 12 (2), 2000, p. 152-153.

<sup>72</sup> EFSA, « Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products », *EFSA Journal* 2014, vol. 12, n°10. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3874>

n'explique pas clairement quelles études ont été éventuellement identifiées par l'EFSA et quels sont les motifs de leur exclusion. Ainsi, les études académiques n'entrent pas en considération dans les choix du modèle en matière de facteurs de protection à appliquer aux combinaisons et aux gants prescrits sur l'étiquette des préparations phytopharmaceutiques. A rebours des données produites par Pestexpo, le modèle AOEM attribue un facteur de protection de 90% au port de vêtements de protection. De même, il ignore les conclusions de Pestexpo sur la fréquence des accidents maximisant les expositions, puisqu'il exclut des jeux de données sélectionnées celles qui indiquent les plus fortes contaminations (au motif qu'elles ne sont pas représentatives des bonnes pratiques agricoles en matière de préparation et d'épandage). Seules les données en deçà du 95<sup>e</sup> percentile dans le cas de l'évaluation des risques aigus, et du 75<sup>e</sup> percentile dans le cas de l'évaluation des risques chroniques, sont retenues par le modèle AOEM pour estimer les expositions professionnelles aux pesticides.

Au niveau français, les autorités chargées de l'évaluation et de la prévention des risques professionnels liés aux pesticides s'efforcent parallèlement de vérifier l'efficacité de vêtements de protection disponibles. En octobre 2014, l'ANSES rend public un Avis relatif à l'efficacité de vêtements de protection portés par les applicateurs de produits phytopharmaceutiques. L'Avis s'appuie sur des tests effectués en laboratoire pour mesurer la résistance de différents vêtements de protection présents sur le marché à la perméation et à la pénétration par les pesticides. Les résultats des tests montrent que plusieurs combinaisons ayant une certification comme équipements de protection individuelle (EPI) au sens du Règlement 2016-425 présentent une bonne résistance à la perméation, mais également qu'elles « correspondent pour la plupart à des vêtements de protection dont le niveau de confort est jugé comme médiocre, faible ou très faible par les agriculteurs ». Ils donnent également à voir que de simples vêtements de travail propres et traités avec un produit déperlant résistent à la pénétration et permettent de diminuer l'exposition de plus de 90 %, conformément aux valeurs des facteurs d'abattement par défaut utilisés dans le modèle AOEM. Le recours à ces vêtements de travail comme moyen de protection nécessite cependant la validation de normes sur la base desquelles leurs performances pourront être certifiées.

En 2016, un groupe d'experts constitué par l'ANSES sur les « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture » – auquel 6 membres de la présente FS ont participé – publie, sur la base d'une revue de la littérature scientifique, un rapport critique quant à l'alignement entre les pratiques en matière d'évaluation et de prévention des risques professionnels liés à ces produits, d'une part, et l'état des connaissances, de l'autre (Laurent et al. 2016). Le rapport souligne que les données retenues pour évaluer les risques sont toutes produites en conditions « contrôlées », conformément aux préconisations de la ligne directrice 97-148 de l'OCDE, qui prévoit par exemple que l'efficacité des vêtements de protection soit mesurée sur des équipements fournis aux agriculteurs inclus dans les protocoles, et non sur les propres équipements de ces agriculteurs. Les données – en particulier académiques – obtenues dans des conditions plus proches des usages réels des agriculteurs sont exclues des modèles utilisés pour estimer l'exposition. Si le rapport souligne que les données issues d'études académiques de ce type sont rares, elles suggèrent néanmoins une inadéquation des procédures d'évaluation avec la réalité des utilisations et des risques sur le terrain. Cette hypothèse est ensuite confirmée par une revue

de littérature pluridisciplinaire réalisée par certains membres de ce groupe d'experts et d'autres chercheurs et chercheuses, publiée en 2020 (Garrigou et al. 2020; 2021).

Or, le règlement 283/2013 précise que l'auteur de la demande d'approbation doit inclure dans le dossier un « rapport exhaustif et impartial des études menées » (Annexe 1.5). Les informations produites par l'industriel doivent permettre « une estimation de l'exposition des opérateurs, des travailleurs, des résidents et de toute autre personne présente sur les lieux, y compris, le cas échéant, l'exposition cumulée à plus d'une substance active » (Annexe 1.11.s). Au niveau national, dans la phase ultérieure d'évaluation préalable à l'autorisation de mise sur le marché du produit phytopharmaceutique, l'article 36 paragraphe 1 du règlement 1107/2009 énonce que l'État membre « procède à une évaluation indépendante, objective et transparente, à la lumière des connaissances scientifiques et techniques actuelles en utilisant les documents d'orientation disponibles au moment de la demande » pour déterminer si le produit phytopharmaceutique satisfait notamment aux conditions de l'article 4.3, « dans des conditions réalistes d'emploi ». Le règlement 284/2013 ajoute diverses exigences relatives aux informations que les industriels doivent fournir. Selon ce règlement, la nature et les caractéristiques des vêtements et équipements de protection doivent être précisées pour « permettre d'évaluer leur adéquation et leur efficacité dans des conditions d'utilisation réalistes » (4.4). Il est de plus précisé que l'estimation de l'exposition des opérateurs « doit toujours être effectuée » « sur la base d'un modèle de calcul approprié, si ce modèle existe » en tenant compte des conditions d'utilisation locales dont le type et la taille des récipients à utiliser, l'équipement d'application, les cadences de travail et le taux d'application habituels, la concentration de pulvérisation, la superficie des champs et les conditions climatiques de culture (7.2.1.1). L'exposition de l'opérateur doit en outre être mesurée et les données afférentes indiquées, en particulier « lorsqu'il n'y a pas de données représentatives dans les modèles de calcul disponibles ». Enfin, les études de mesure de l'exposition doivent être menées « dans des conditions d'exposition réalistes » (7.1.1.2). Deux conséquences peuvent être tirées des textes. D'abord les industriels qui demandent l'approbation d'une substance active et les acteurs de l'évaluation qui interviennent dans la phase européenne d'approbation devraient tenir compte du dernier état des connaissances scientifiques, y compris des études académiques. D'autre part, dans la phase européenne d'évaluation, qui porte certes sur la substance active mais aussi sur au moins une utilisation représentative d'un produit phytopharmaceutique, les études rendant compte de l'exposition dans les conditions réelles de travail devraient être prises en considération.

Depuis la publication du rapport de l'ANSES en 2016, les autorités en charge de l'évaluation et de la prévention des risques professionnels liés aux pesticides ne sont pas restées inactives. Les autorités françaises ont œuvré à obtenir la certification des vêtements de travail comme des équipements de protection individuelle au sens du Règlement 2016-425. Pour cela, elles ont encouragé l'adoption de la norme ISO 27065 par le Comité européen de normalisation et son homologation par l'AFNOR en 2017, sous le titre « Exigences de performance pour les vêtements de protection portés par les opérateurs appliquant des pesticides et pour les travailleurs de réentrée ». Cette norme précise une liste d'EPI utilisables pour réduire l'exposition professionnelle aux pesticides, parmi lesquels on trouve des vêtements de travail jusqu'alors dénués de certification ISO. Deux ans plus tard paraît une nouvelle norme ISO

(18889) sur les « Exigences de performances pour les gants de protection pour les opérateurs manipulant des pesticides et les travailleurs de rentrée ». De son côté, l'EFSA relance un processus d'appels à données pour actualiser son Document Guide sur l'estimation des expositions professionnelles aux pesticides paru en 2014. Un nouveau Document Guide paraît en 2022. Ces diverses initiatives institutionnelles permettent-elles une meilleure prise en compte, dans les politiques d'évaluation et de gestion des risques professionnels liés aux pesticides, de l'état des connaissances disponibles dans la littérature académique ?

#### **1.4. Les transformations de l'emploi en agriculture**

Cette question est d'autant plus pressante que, dans le même temps, la structure de l'emploi en agriculture n'a cessé d'évoluer, ce qui soulève de nouvelles interrogations en matière d'évaluation des risques professionnels induits par les pesticides. L'emploi agricole demeure une réalité mal connue à bien des égards. L'expertise collective de l'ANSES publiée en 2016 avait ainsi cherché à dénombrer et caractériser la population agricole en France métropolitaine (Laurent et al., 2016, vol. 1, 34 – 44 ; vol. 5, 10 - 24). Elle soulignait plusieurs éléments importants à rappeler ici. Premièrement, il n'existe pas en France – comme dans de nombreux autres pays – de définition unifiée de ce qu'est un agriculteur ou une agricultrice qui serait utilisée par l'ensemble des dispositifs statistiques et institutionnels. Cette situation a pour conséquence que « selon les points de vue, le périmètre de la population d'« agriculteurs », voire de personnes travaillant dans l'agriculture, peut varier considérablement » (Laurent et al. 2016, vol. 1, 37). Deuxièmement, s'il existe des données permettant de dénombrer – mais pas nécessairement de caractériser – les personnes salariées en CDI et en CDD, il est difficile d'obtenir des informations sur les personnes ayant d'autres emplois non permanents en agriculture. Ces personnes sont importantes à considérer car elles peuvent réaliser une part significative du travail dans certains secteurs agricoles. Troisièmement, des personnes extérieures aux exploitations interviennent sur les exploitations qui, là encore, peuvent avoir des statuts très hétérogènes : les salariés d'entreprises de prestations de service françaises et étrangères (techniciens agricoles, entreprises de travaux à façon...) et les élèves stagiaires de l'enseignement agricole public et privé. Le travail de dénombrement de la population travaillant en agriculture réalisé à partir du recensement agricole de 2010 et d'autres sources montrait qu'en 2010 il y avait 1 012 750 actifs en agriculture, dont 629 039 exploitants et co-exploitants, 162 921 salariés réguliers non familiaux et 220 790 membres de la famille salariés. Ces données ne tenaient pas compte des salariés non permanents, dont le dénombrement précis est impossible à réaliser à partir du recensement agricole qui raisonne en équivalents temps plein et non en personnes. Il apparaissait cependant que ces salariés représentaient alors entre 300 000 et 800 000 personnes. Ces données ne comprenaient pas non plus les intervenants extérieurs aux exploitations. Le rapport insistait alors sur l'importance de « disposer de données précises sur la diversité des situations existantes » des personnes travaillant en agriculture afin de mieux connaître les personnes exposées pour pouvoir concevoir des stratégies de prévention efficaces.

Depuis lors plusieurs travaux ont été conduits afin de mieux dénombrer et caractériser les personnes travaillant en agriculture en France métropolitaine<sup>73</sup>. Le Centre d'études et de

---

<sup>73</sup> Relevons le manque des travaux équivalents portant sur les DROM, d'autant plus flagrant que l'emploi agricole y est important (Depeyrot et al. 2019).

Prospective du Ministère de l'agriculture a réalisé une étude conséquente sur les transformations des emplois et des activités en agriculture (Depeyrot et al. 2019 ; Forget et al. 2019) et plusieurs publications se sont appuyées sur une thèse en économie (Magnan 2022) portant sur développement du salariat précaire dans l'agriculture française (Magnan et Laurent 2023, à paraître ; Laurent et Magnan 2023 à paraître). Ces travaux mobilisent notamment les données de protection sociale afin de mieux dénombrer et caractériser les personnes travaillant en agriculture. Même si ces deux recherches n'aboutissent pas exactement aux mêmes chiffres, les données produites et les tendances identifiées sont concordantes. Ces travaux montrent des restructurations conséquentes de l'emploi agricole depuis le début des années 2000.

La première évolution importante est la baisse régulière depuis 2000 du nombre d'exploitants agricoles, de la main-d'œuvre familiale travaillant sur les exploitations et des salariés permanents employés directement par les exploitations – et, corrélativement, du nombre d'heures travaillées par ces catégories de personnes. Cette baisse est particulièrement importante pour la main-d'œuvre familiale. Si l'on suit les données produites par Magnan et Laurent (2023, à paraître), en 2016, ces trois catégories représentaient un peu plus de 40% des personnes dénombrées travaillant en agriculture et 70 % des heures travaillées décomptées. Il est à noter que les statuts d'exploitants et de co-exploitants agricoles regroupent des situations extrêmement disparates. Il existe notamment des exploitants en situation de précarité dont une des manifestations est la faiblesse et l'instabilité des revenus.

La deuxième évolution notable est la diversification des types d'employeurs. On trouve donc sur les exploitations de plus en plus de personnes - précaires (non permanents) ou permanents - qui ne sont pas employées directement par les exploitants agricoles. L'emploi agricole se développe via des entités juridiques extérieures aux exploitations qui existaient pour la plupart avant 2000 mais qui occupaient une place moindre en tant qu'employeurs de main d'œuvre agricole : entreprises prestataires de travaux agricoles ; entreprises d'intérim ; groupements d'employeurs. On note une augmentation du nombre de personnes employées par ces autres catégories d'employeurs (Purseigle et Hervieu 2022 ; Frécon, Marx, et Petit 2021 ; Laurent et Nguyen 2022).

Le troisième élément notable est la part importante de personnes salariées recensées ayant un statut précaire (c'est-à-dire n'ayant pas un CDI). Si les personnes ayant un contrat précaire (salariées mais aussi apprentis et stagiaires) représentent 80% des personnes salariées employées directement par les exploitations agricoles depuis le début des années 2000 (Forget et al. 2019, 71), elles constituent les principales recrues des autres types d'employeurs. En 2016, selon les données collectées et traitées par Magnan et Laurent, les personnes ayant un statut précaire représentaient 57 % des personnes dénombrées travaillant en agriculture. Tous employeurs confondus, les personnes ayant un statut précaire représentaient plus de 80% des salariés intervenant sur les exploitations. Elles assuraient plus de la moitié des heures de travail salariées décomptées en agriculture et environ 22% des heures totales de travail. Outre leur statut (CDD, saisonniers, apprentis, stagiaires, intérimaires, travailleurs détachés), d'autres caractéristiques des personnes n'ayant pas un emploi permanent mises en évidence par les recherches récentes sont des signes de leur précarité (Forget et al., 2019, 72-73). Le temps de travail annuel, même pour les CDD non saisonnier, est peu élevé et fluctuant au cours de l'année. Le temps partiel sur l'année est donc la norme pour une grande majorité de salariés



non permanents. Le cumul des contrats apparaît comme un bon indicateur de ce caractère choisi ou non de ce temps partiel. Forget et al. (2019, 72) indiquent qu'en 2016, « 194 500 salariés ont cumulé ou enchaîné plusieurs contrats dans les exploitations agricoles sur l'année (hors stages et hors enchaînement de CDI) ». L'augmentation de l'emploi via des entités juridiques autres que celles des exploitations se réalise avant tout via des contrats non permanents CDD ou saisonniers. Ce phénomène est particulièrement visible pour les salariés des entreprises agricoles. Mais la précarisation se retrouve aussi chez les salariés des groupements d'employeurs, dispositif qui avait initialement été conçu pour sécuriser l'emploi (Elyakime 2007 ; Forget et al. 2019, 75-76). Le travail précaire en agriculture est ainsi loin de se limiter aux saisonniers mobilisés pour certaines récoltes. Ainsi Magnan et Laurent (2023 à paraître) soulignent que « la grande majorité de ces salariés précaires ne correspondent plus au cas-type de l'étudiant qui fait les vendanges. Les profils se sont diversifiés. Les personnes sont plus âgées, plus qualifiées, la durée moyenne des contrats s'est allongée. Le nombre de migrants pendulaires a augmenté, représentant 21% des salariés précaires en 2016. Cependant l'essentiel de ces salariés précaires sont des personnes de nationalité française, souvent issues des milieux les plus pauvres du monde rural. »

Le quatrième élément notable que soulèvent ces travaux est l'existence endémique du travail illégal. Le secteur agricole fait partie des secteurs prioritaires pour le contrôle du travail illégal qui prend de multiples formes : travail dissimulé, sous-déclaration partielle ou totale du nombre d'heures travaillées, non-respect du code du travail (dont le paiement à la tâche), recours abusif à certains statuts, fraude au détachement, emploi d'étrangers sans titre jusqu'à des situations de travail forcé (Forget et al., 2019, 80-83). Les sources identifiées et traitées pour tenter d'évaluer le nombre de personnes concernées par ces pratiques ne permettent de comptabiliser qu'une part des personnes concernées, mais elles apparaissent comme non négligeables.

Ces transformations de l'emploi, présentées ici à très grands traits, ont trois conséquences pour la prévention des expositions aux pesticides des personnes travaillant en agriculture.

Premièrement, le nombre des personnes potentiellement exposées d'une manière ou d'une autre est conséquent et reflète l'importance des personnes travaillant en agriculture ayant un statut précaire. Bien qu'il y ait des divergences importantes dans les décomptes, les documents sur lesquels s'appuient les institutions sous-estiment souvent largement (non nécessairement intentionnellement) le nombre des salariés précaires (Laurent et Magnan, 2023 à paraître).

Deuxièmement, l'augmentation des personnes employées par des entités extérieures aux exploitations, le plus souvent avec des contrats précaires, est la résultante de l'externalisation de certaines tâches. Parmi ces tâches se trouvent les traitements avec des produits phytopharmaceutiques (en champs, traitements des sols sous les tunnels, traitements post-récoltes) et les traitements des bâtiments par des biocides. Il existe donc des professionnels en agriculture (dont le nombre reste à évaluer) dont le quotidien est de préparer et de pulvériser des pesticides et, tout indique que le nombre de ces professionnels très régulièrement exposés et à risque est en augmentation. Au-delà, et ainsi que le soulignait déjà le rapport ANSES de 2016, d'autres professionnels extérieurs, peu envisagés, peuvent être exposés de manière régulière aux pesticides : techniciens et techniciennes agricoles qui viennent contrôler les cultures ; vétérinaires et techniciens d'élevage ; mécaniciens agricoles. Une dernière catégorie

de personnes extérieures aux exploitations reste aussi assez invisible comme public exposé : les apprentis et stagiaires de l'enseignement agricole.

Troisièmement, la multiplication des statuts, la segmentation de l'emploi et l'existence de différents types d'employeurs, combinées au précarat qui est très répandu, rend difficile l'exercice de leurs droits par les salariés (droits qui peuvent d'ailleurs varier suivant le statut) (Depeyrot et al., 2019, 13). Il résulte de ces configurations la possibilité d'une accentuation de la dégradation des conditions de travail associée au travail précaire (Depeyrot et al. 2019; Forget et al. 2019; Magnan et Laurent 2023; Nguyen et Laurent 2022 ; Roux 2023). Dans un secteur déjà caractérisé par une faible mise en œuvre des réglementations du travail<sup>74</sup> la possibilité, pour les personnes ayant un statut précaire, de faire respecter leurs droits en matière de prévention – et *a fortiori* de réparation – des risques d'accidents et de maladies professionnelles, et donc en matière de prévention des expositions aux pesticides, risque d'être fortement limitée. Cette possibilité est encore plus limitée pour les personnes se trouvant dans des situations de travail illégales.

L'ensemble de ces considérations conduisent à souligner la nécessité d'une évaluation et d'une gestion des risques professionnels liés aux pesticides qui soient en phase avec l'état des connaissances scientifiques.

## **2. Production et accessibilité des connaissances sur l'exposition professionnelle aux pesticides**

Plusieurs des recommandations du rapport de 2016 du groupe de travail de l'ANSES sur l'exposition des travailleurs (Laurent et al. 2016) portaient sur la production de connaissances sur les expositions professionnelles aux pesticides et l'accessibilité de ces connaissances. La mise à jour de l'état des connaissances et les auditions menées dans le cadre de la présente formation spécifique (FS) permettent d'examiner comment ces recommandations ont été suivies par les acteurs concernés sur la période de dix années écoulées entre les travaux des deux groupes (ANSES, cnDAspe).

Pour rappel, les recommandations sur la production et l'accessibilité des connaissances avaient été formulées par le groupe de travail de l'ANSES en réponse aux principaux constats suivants :

- Le caractère profondément pluridisciplinaire des connaissances sur les expositions aux pesticides, qui confère une richesse incontestable en éclairant les divers aspects du sujet, engendre également une fragmentation au sein de divers champs disciplinaires (sociologie, économie, épidémiologie, ergonomie, expologie). Toutefois, il est fréquent que les liaisons entre ces disciplines manquent, créant ainsi des lacunes dans la compréhension globale du phénomène.
- Aucune institution publique n'était explicitement chargée de la mission de capitaliser les connaissances dans une base de données dédiée, permettant ainsi la gestion

---

<sup>74</sup> Magnan et Laurent (2023 à paraître) citent un bilan du contrôle des réglementations réalisé en 2015 qui montrait qu'aucune des 8000 situations contrôlées n'étaient conformes aux réglementations du travail (Bastian, Massat & Saillant, 2015, 156).

documentaire, la mise à jour et l'utilisation de ces données à diverses fins telles que l'adaptation à l'évolution de la réglementation et la formulation de mesures de prévention appropriées.

- Le faible nombre d'études indépendantes de l'industrie publiées devait inciter à renforcer la recherche dans toutes les disciplines concernées sur ce sujet.

À la suite de ces constats, le groupe de travail de l'ANSES avait préconisé 1) de produire des données sur les situations d'expositions considérant la diversité des personnes exposées, en soutenant le développement d'études indépendantes, et 2) de favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides. Dans cette partie, nous confrontons les recommandations émises en 2016 aux nouveaux éléments identifiés dans la littérature et au travers des réponses des personnes auditées dans le cadre du groupe de travail. L'actualisation de la revue de littérature a permis d'identifier, entre décembre 2014 et décembre 2022, un total de 169 nouvelles publications dont 56 dans les domaines de la métrologie, l'ergonomie, l'expologie et l'épidémiologie<sup>75</sup>. Nous mobilisons également les auditions que nous avons conduites afin d'identifier la mise en place éventuelle de recueils de données concernant les expositions aux pesticides en agriculture et/ou les paramètres pouvant déterminer ces expositions, en particulier sur les équipements de protection individuelle.

## **2.1. Produire des données sur les situations d'expositions considérant la diversité des personnes exposées en soutenant le développement d'études indépendantes**

### **2.1.1. Bilan des données nouvelles produites depuis 2016**

#### *2.1.1.1. Bilan quantitatif de la littérature scientifique*

Au cours des neuf années (à savoir [2014-2022]) sur lesquelles la recherche bibliographique a été menée dans le cadre de la FS de la cnDAspe, 56 publications (soit 7 par an en moyenne) ont été identifiées à l'échelle mondiale qui se rapportent spécifiquement aux mesures de la contamination des travailleurs lors de l'exposition aux pesticides et qui relèvent des domaines de la métrologie, l'ergonomie, l'expologie et l'épidémiologie. En Europe, le nombre de publications relatives à l'exposition en champ était de 19 sur la période, soit 2 par an. Parmi elles seulement deux ont porté au cours des 9 années sur des situations en France, l'une en viticulture (Thouvenin, Bouneb, et Mercier 2017) et l'autre en arboriculture (Bureau et al. 2022).

#### *2.1.1.2. Bilan qualitatif de la littérature scientifique*

Dans l'ensemble, l'analyse de ces publications met en évidence la nécessité d'améliorer la compréhension de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides, tant en France qu'ailleurs. Très peu de recherches ont été menées pour évaluer et réduire l'exposition, en tenant compte des spécificités des tâches agricoles, des conditions de travail, des cultures, des paramètres climatiques, et de l'utilisation des EPI. Il est important de noter que le rapport de l'ANSES en 2016 constate déjà des lacunes dans les données d'exposition des travailleurs agricoles, notamment concernant les caractéristiques individuelles des personnes exposées, les

---

<sup>75</sup> Les autres traitent soit des questions réglementaires sur l'exposition, soit abordent des aspects qualitatifs relevant des sciences humaines et sociales.

diverses tâches effectuées, les types et les mélanges de pesticides utilisés, les niveaux de contamination et les déterminants d'exposition. Actuellement, des lacunes persistent, notamment en ce qui concerne l'activité d'élevage et l'utilisation de biocides. De plus, les expositions dans des populations présentant des circonstances d'exposition particulières, l'analyse des combinaisons d'expositions aux pesticides à l'échelle individuelle, sur une saison ou tout au long d'une carrière professionnelle, au moyen de panels composés de différentes catégories de personnes travaillant en agriculture, demeurent des domaines lacunaires.

### *2.1.1.3. Bilan de la littérature grise portant sur des études d'exposition*

L'existence d'une littérature grise, sous forme de rapports ou de communications, a été recherchée au travers des auditions menées par la FS auprès de plusieurs institutions.

L'ANSES a mis en place fin 2014 un dispositif de phytopharmacovigilance, qui doit permettre de collecter des données de surveillance sur les pesticides. Cependant, son objectif étant de surveiller les effets de ces substances sur la santé et sur l'environnement, ce dispositif s'intéresse plus spécifiquement à la présence de résidus de produits phytopharmaceutiques dans les milieux, y compris les aliments. Il s'intéresse donc prioritairement aux expositions de la population générale et est moins organisé pour collecter systématiquement les données qui concernent l'exposition des travailleurs. Les représentants de l'ANSES (Direction de l'évaluation des risques) soulignent qu'il est difficile aujourd'hui d'identifier une institution spécifique en France chargée de la production de données d'exposition. Comme le remarque l'un des représentants de l'ANSES : ces données sont aujourd'hui essentiellement générées par des équipes de recherche.

Le **ministère de l'Agriculture** a fait état lors de son audition d'études sur les pratiques culturales, dont un volet porte sur l'utilisation des pesticides par les travailleurs agricoles (tous les 5 ans, culture par culture). Celles-ci permettent de disposer de données statistiques, et de calculer les indices de fréquence de traitement. Ces études avaient déjà été identifiées par le groupe de travail de l'ANSES. Elles répondent à une demande de la Commission européenne, et leur rythme devrait devenir annuel dans les prochaines années. De plus, leur exploitation devrait être facilitée par l'obligation de tenue d'un registre sous format électronique par l'utilisateur. Le ministère n'a pas pu apporter d'éléments indiquant l'existence d'études permettant d'évaluer les effets des actions du plan ECOPHYTO (comme la mise en place du Certiphyto ou le réseau des fermes DEPHY) en termes d'évolution de l'exposition des utilisateurs ou des travailleurs agricoles aux pesticides. Les personnes interrogées lors des auditions ont proposé de solliciter la Direction Générale de la Recherche et de l'Enseignement sur cette question.

Les représentants de la **Mutualité Sociale Agricole (Caisse Centrale)** ont précisé en préambule que leurs études et actions s'inscrivent principalement dans le cadre d'un Plan Santé et Sécurité au Travail dans lequel le risque lié aux pesticides est défini comme une priorité. Ils ont fait état de deux types d'études sur les expositions des travailleurs. En premier lieu, depuis 1985, ont été réalisées auprès des exploitants des études dites décennales (en 1985, 1986, 1987, 1999, 2009 et la prochaine sans doute fin 2023 ou début 2024) qui interrogent notamment sur le port d'équipements de protection individuelle. En second lieu la MSA a participé au recueil de données auprès des salariés dans le volet agricole de l'enquête SUMER. Par ailleurs, dans

le cadre du réseau Phyt'attitude, des enquêtes de terrain sur les circonstances de cas d'intoxications aiguës ont été menées. Cependant ces travaux n'ont pas été rendus publics, ils apparaissent dans des documents internes à la Caisse (rapport d'activité). Des résultats avaient été publiés par le passé sur des études concernant l'exposition des travailleurs à l'arsenic et aux dithiocarbamates, sur l'action « Phytothéâtre » et sur des mesures de traceurs fluorescents lors d'opérations de traitement, mais elles sont bien antérieures à 2016. Aucune publication récente sur l'exposition des travailleurs agricoles n'a été générée et la MSA dit ne pas avoir de données précises sur les expositions des femmes et des salariés saisonniers. Elle mentionne les difficultés des études de terrain qui doivent recruter des volontaires.

### **2.1.2. Soutien à la recherche sur la mesure des expositions des travailleurs**

Les institutions auditionnées ont été questionnées sur la manière dont elles soutiennent les recherches concernant l'exposition des travailleurs aux pesticides.

#### *2.1.2.1. Dispositif de financement de projets sur les expositions des travailleurs*

Un des représentants de l'ANSES (Direction du financement de la recherche et de la veille scientifique) précise que les pesticides sont considérés comme un sujet prioritaire dans l'appel à projets annuel de l'agence. Il mentionne toutefois qu'il n'y a *a priori* pas ou peu d'études financées sur les expositions aux pesticides. Le programme de financement de l'ANSES est soutenu par ses ministères de tutelle (Travail, Santé) ainsi que le ministère de l'Agriculture (ce dernier seulement pour la lutte antivectorielle) et bénéficie de co-financeurs réguliers (dont l'Institut Thématique Multi-Organisme (ITMO) Cancer de l'Alliance AVIESAN cancer). Le plan ECOPHYTO ne finance plus le programme d'appels à projets de l'ANSES depuis 2 ans : ce retrait s'expliquerait par la mise en place d'appels spécifiques sur la santé dans le cadre de son programme. De ce fait, il n'y a plus de thématique spécifique liée aux phytopharmaceutiques dans l'appel à projets de l'ANSES et les projets de ce domaine doivent entrer dans les thèmes des « perturbateurs endocriniens » ou des « agents chimiques ». Le ministère de l'Environnement participe aussi au financement de projets concernant les expositions de la population générale. La contribution du ministère de l'Agriculture au fonctionnement de l'ANSES est plus directement liée à la Direction de l'évaluation des produits réglementés (DEPR) et également à la Direction de l'évaluation des risques (DER).

#### *2.1.2.2. Bilan des projets soutenus par les institutions sur l'exposition des travailleurs*

Un représentant de l'ANSES explique que depuis 2006, environ 70 projets (sur 615 au total) ont été soutenus dans l'appel à projets sur la thématique des pesticides dont 13 concernaient les travailleurs (somme totale engagée 2 millions d'euros). A côté de l'appel à projets général, la Phytopharmacovigilance a financé environ 40 projets sur les pesticides dont 9 concernaient l'exposition des travailleurs (pour un total de 1,5 million d'euros).

L'ANSES soutient également des recherches au travers de ses propres laboratoires (qui appartenaient précédemment à l'AFSSA et ne sont pas tournés vers la santé humaine), ainsi que par des Conventions de Recherche et de Développement (CRD), sur des sujets particuliers où il y a un besoin de données, pour des financements dont le montant n'exige pas de mise en concurrence.

**La Direction Générale du Travail** a rappelé lors de son audition qu'elle est chargée de la surveillance du marché des équipements de travail en répertoriant ce qui existe et la manière dont ces équipements sont utilisés en pratique. En perspective de la révision de la norme ISO 27065, elle mentionne avoir mené en 2022 une enquête avec des partenaires institutionnels (MSA, Inspection du Travail, Directions régionales de l'économie, de l'emploi, du travail et des solidarités, etc.) permettant d'apporter des informations sur le port des gants dans les conditions habituelles de travail. Cette enquête est qualifiée par ses auteurs d'« informelle », ne s'appuyant que sur 15 caisses de MSA sur 35 (les autres n'ayant pas répondu) et il est précisé que les résultats n'en sont pas publics (bien que communicables à la FS). De plus, près de 5000 contrôles sont réalisés chaque année dans les exploitations, incluant deux points sur les équipements de protection individuelle, à savoir 1) leur disponibilité ou non sur l'exploitation, et 2) leurs conditions de stockage et d'élimination. Les résultats de ces contrôles ne sont pas non plus publics.

### **2.1.3. Expression par les institutions de priorités sur le thème des expositions des travailleurs**

Un processus interne à l'ANSES vise à recueillir les besoins de recherche que la DER et la DEPR pourraient exprimer pour les intégrer dans l'appel à projets de l'agence. Un représentant de l'ANSES précise qu'il est prévu d'évaluer de quelle manière les appels à projets ont permis de structurer la recherche et d'accompagner le développement de thématiques, mais il n'est pas prévu de le faire spécifiquement pour l'exposition aux pesticides, en raison d'un faible nombre de projets soutenus (vingt-deux au total).

Un représentant de l'ANSES explique que la priorité actuelle de l'agence sur les pesticides est, au-delà de l'animation d'un groupe de travail (GT) sur les maladies professionnelles qui a été saisi plusieurs fois sur les pesticides, de développer des valeurs limites biologiques afin de fournir des outils pratiques aux professionnels de la prévention et aux législateurs. Ces valeurs limites permettront d'évaluer l'importance des doses de substances absorbées par des agriculteurs, dans un but de prévention et de réduction des expositions. Il n'est pas simple de définir quels pesticides devraient être prioritaires (à partir de quels critères : mesures atmosphériques, données de vente, etc.). Cette démarche se fait avec l'appui du GT métrologie et du GT indicateurs biologiques d'exposition de l'ANSES - qui peuvent dire s'il existe des techniques analytiques pour des substances spécifiques. Interrogé sur la manière dont des nouvelles données d'exposition pourraient être générées pour compléter celles utilisées dans la procédure d'approbation et d'autorisation de mise sur le marché, un autre représentant de l'ANSES (DEPR) explique que seule l'autorité européenne (EFSA) peut générer des appels à données, et que cela n'entre pas dans les missions de l'ANSES (ni des autres agences des États membres). Il confirme que la réglementation prévoit que l'approbation des substances contenues dans les produits phytopharmaceutiques intègre des données épidémiologiques ainsi que des données sur les intoxications aiguës, et que la phytopharmacovigilance doit permettre de répondre à cette exigence. Il n'existe *a priori* pas de bases de données permettant de centraliser ces données. L'ANSES prend en compte les données du dispositif Phyt'attitude de la MSA et des données des centres antipoison, donc des données de toxicologie clinique et non des données épidémiologiques en tant que telles. Concernant les données d'exposition,

l'ANSES a mené elle-même certaines études, notamment en viticulture et dans les serres, pour comparer aux données prédites par le modèle de l'EFSA.

Sur ce même thème des priorités de recherche, les représentants de l'EFSA se sont exprimés sur la manière dont de nouvelles données utiles pour la réglementation pouvaient être générées. Ils ont précisé qu'il persiste des besoins de données et qu'ils publient des appels à données, ouverts à tous, dont ils assurent la publicité au travers des autorités compétentes dans les États membres et dont ils espèrent la plus large diffusion. Ils précisent qu'il est aussi possible de contacter l'EFSA directement pour faire part de données utiles, ou encore d'être identifié comme un expert de l'EFSA. Parmi les données dont l'EFSA souhaiterait disposer, celles liées à l'agriculture de précision sont mentionnées à titre d'exemple. Interrogés sur d'autres domaines où des données manquent, ils répondent que cela est précisé dans le Document Guide de 2014 (EFSA 2014).

## **2.2 Favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides**

### **2.2.1. Accessibilité des données scientifiques**

La recherche de la littérature scientifique publiée depuis 2016 sur la question des expositions aux pesticides des travailleurs agricoles a été réalisée selon la même méthodologie que dans le précédent groupe de travail de l'ANSES. En effet, aucune base de données documentaires spécifique à cette question n'a été identifiée. La recherche menée dans cette FS pour actualiser la revue de la littérature sur les mesures d'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides a rencontré les mêmes difficultés que le groupe de l'ANSES en 2016 : nécessité d'identification des publications pertinentes, d'élimination des doublons, de sélection sur les titres, puis les résumés et enfin les articles eux-mêmes, et analyse critique des publications : autant d'étapes classiques de la recherche bibliographique scientifique sans qu'il existe de standardisation de la démarche et de récupération préalable des articles pertinents par une quelconque structure. Contrairement à ce qui avait été préconisé dans le rapport de 2016, les données scientifiques ne sont pas devenues plus accessibles et il n'y a pas de système de veille bibliographique qui permet de suivre les connaissances scientifiques au fil de leur publication.

### **2.2.2. Accessibilité des statistiques et données de la littérature grise**

L'audition des différentes institutions a montré que les données produites sur l'exposition des travailleurs et sur ses déterminants (en particulier le port des EPI) sont peu nombreuses, et quand elles existent, elles ne sont pas rendues publiques. Les enquêtes menées ont même été qualifiées d'« informelles » par des personnes auditionnées. Cependant une collecte des données concernant l'utilisation des pesticides, plus fréquente et informatisée, a été annoncée par le ministère de l'Agriculture dans un délai de 3 ans. Les modalités d'accès à ces données n'ont pas été précisées à cette étape. De plus, nous n'avons pas connaissance de changement dans l'accès aux données du recensement agricole, tel que cela avait été recommandé lors du rapport ANSES de 2016.

Un représentant de l'ANSES a exprimé la nécessité et la possibilité d'une réflexion des différents organismes pour mutualiser des moyens, produire et rendre accessibles des données sur l'exposition et des connaissances « en routine », au-delà du strict cadre réglementaire.

### 2.2.3. Accessibilité des données couvertes par le secret industriel

Lors de l'audition avec les représentants de l'EFSA, il a été clairement mentionné qu'il était essentiel de surmonter les défis liés à l'accès aux données réglementaires pour garantir la transparence et faciliter le partage de ces données afin de permettre leur utilisation et leur vérification par le public. Ce partage devrait selon eux favoriser la confiance dans le processus d'évaluation réglementaire. Il apparaît donc aujourd'hui encore qu'un grand nombre de données, notamment celles utilisées dans le cadre réglementaire, sont couvertes par le secret industriel et ne sont pas accessibles. Tout comme en 2016, ce constat pose question s'agissant de données d'exposition qui ne sont souvent pas spécifiques à des substances actives ou à des préparations commerciales, mais génériques en fonction des modes d'épandage et des types de cultures traitées.

## 3. De la science à l'évaluation des risques : quels usages des données disponibles ?

### 3.1. Préambule

Depuis la mise en place du Document Guide de l'EFSA de 2014, différentes activités des agences sanitaires européennes et nationales ont eu lieu et ont été résumées lors de l'audition des représentants de l'EFSA. Ainsi en 2017, en raison de lacunes identifiées par la Commission Européenne, celle-ci a mandaté l'EFSA pour les combler. L'EFSA a donc lancé un appel à contributions. Cet appel à contributions a été décevant comme le précisent les représentants de l'EFSA dans leur audition par la formation spécifique « *I have to say that the data provided were limited compared to what we were expecting or aiming at* ». L'EFSA a donc diminué les ambitions de sa réponse à la Commission Européenne (CE). Elle n'a proposé d'intégrer dans les modèles d'exposition qu'un seul nouveau scénario d'exposition des opérateurs, portant sur l'exposition sous serres. Ce scénario est issu d'un travail finalisé en 2020 par le BfR (German Institute for Risk Assessment) et un groupe d'industriels producteurs de pesticides, qui avaient déjà construits ensemble le modèle « opérateur » présenté dans le Document Guide de 2014. Elle a également proposé de modifier certaines des valeurs par défaut utilisées pour calculer l'exposition des travailleurs aux résidus foliaires délogeables dans les modèles, et quelques autres paramètres. Elle a par ailleurs remplacé l'outil permettant de calculer les expositions (qui se présentait sous la forme d'une feuille Excel à l'issue du travail sur le Document Guide de l'EFSA de 2014) par une application en ligne, qui requiert l'enregistrement de l'utilisateur. Qualifiée de « plus conviviale », l'interface a rendu invisibles les liens entre les informations saisies et les résultats d'exposition calculés (<https://shiny-efsa.openanalytics.eu/app/opex>). Ces nouveaux modèles ou modalités de calculs ont fait l'objet d'un nouveau Document Guide approuvé en novembre 2021 et publié début 2022 (EFSA et al. 2022). Afin d'obtenir de nouvelles données, un atelier de travail a eu lieu en ligne en mars 2022<sup>76</sup> avec des parties prenantes et un groupe de représentants d'États Membres (incluant l'ANSES pour la France) a été constitué. Une contractualisation est en cours afin de continuer

---

<sup>76</sup> [www.efsa.europa.eu/en/events/stakeholder-workshop-next-update-efsa-guidance-non-dietary-exposure-pesticides&sa=D&source=docs&ust=1698763807029440&usg=AOvVaw1e9zId8JEha5yxFXJuIXCR](https://www.efsa.europa.eu/en/events/stakeholder-workshop-next-update-efsa-guidance-non-dietary-exposure-pesticides&sa=D&source=docs&ust=1698763807029440&usg=AOvVaw1e9zId8JEha5yxFXJuIXCR)



d'intégrer de nouvelles données. L'EFSA indique qu'elle espère faire évoluer ses modèles afin d'intégrer des voies d'exposition aujourd'hui peu prises en compte. En particulier, elle travaille actuellement à intégrer un modèle d'évaluation de l'exposition des travailleurs aux pesticides par la manipulation de semences traitées (Projet Seedtropex, en partie financé par l'industrie).

### **3.2. Sur la prise en considération, lors de l'évaluation, de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques : le cadre juridique**

Eu égard à la mention dans l'article 4 paragraphe 3 du règlement 1107/2009 « des conditions réalistes d'utilisation » du produit phytopharmaceutique, on peut interpréter le texte en ce sens que le port d'équipements de protection et leur efficacité ou leur non-efficacité font partie des conditions réelles de travail que l'industriel et les acteurs de l'évaluation des risques doivent prendre en considération dans la phase européenne d'approbation.

Or, il résulte de l'audition de la représentante de l'EFSA que, selon l'Agence dont le rôle se limite à l'évaluation d'une formulation commerciale pour un usage représentatif, l'utilisation des EPI, parce qu'elle est considérée comme une mesure d'atténuation, relève de la compétence des gestionnaires des risques, c'est-à-dire que la Commission et les États membres décident, en dernier ressort, de la question de savoir si la mesure de protection est « réaliste » (verbatim: « *in general – and it's like this for all the cases – the application of the personal protective equipments, we consider this as an exposure refinement measure. However in the very end it's for risk managers to decide whether they are willing to consider an operator wearing, I don't know, glass and goggles, so it's something that we indicate as refinement. But the very final on whether this is feasible, realistic, is with the Commission and Member States* »). Cette interprétation de l'article 4 paragraphe 3 du règlement 1107/2009 (approbation des substances) laisse d'autant plus perplexe que la personne auditionnée constate que, sur le terrain, « les règles d'hygiène de base ne sont pas respectées ». (verbatim: « *I just want to reinforce the message that I know very well because I'm an occupational medical doctor myself too, and I've seen field situations, and also recently in the 2 partnership projects that I mentioned before I've seen pictures in the field, and I have to say that many times the basic hygiene rules are not followed. For good or bad reasons, I don't want to enter into this, but for sure* »). Bien que la réalité des conditions de travail soit connue, il semble donc que l'évaluation réalisée par l'EFSA d'au moins un produit phytopharmaceutique, dans la phase d'approbation, tient pour acquis le port systématique d'EPI et leur efficacité, ce qui n'est pas une approche réaliste de l'exposition en milieu agricole.

La connaissance de la réalité des conditions de travail en milieu agricole, ci-dessus relatée par la personne auditionnée (médecin du travail), soulève la problématique de l'usage des données disponibles dans les phases européenne (approbation de la substance active) et nationale (autorisation de mise sur le marché de la formulation complète). Concrètement, eu égard au constat dressé en 2016 dans le rapport de l'ANSES selon lequel les données, en particulier académiques, obtenues dans des conditions plus proches des usages réels des agriculteurs, sont exclues des modèles utilisés pour estimer l'exposition, se posent deux questions. Premièrement, le règlement 1107/2009 opère-t-il une distinction entre les données scientifiques qui doivent être exploitées pour l'évaluation des risques selon leur origine ? Deuxièmement, ce règlement

impose-t-il aux différents acteurs intervenant dans la phase d'évaluation des risques de tenir compte de l'état actualisé des connaissances ?

Nous interprétons le règlement 1107/2009 en ce sens qu'il ne distingue pas les données selon leur origine et qu'il fait peser sur tous les acteurs de l'évaluation, aux niveaux européen et national, une obligation d'actualisation des connaissances ou à tout le moins de tenir compte de l'actualité des connaissances. En effet, non seulement le règlement 1107/2009 utilise la même expression « connaissances scientifiques et techniques » dans de nombreuses dispositions qui concernent tant la substance active que le produit phytopharmaceutique la contenant, mais encore se réfère-t-il souvent à l'actualité ou la nouveauté des connaissances.

Ainsi en est-il d'abord des dispositions relatives aux industriels qui certes ne participent pas à l'évaluation, mais qui doivent soumettre des dossiers contenant certaines informations (dont des données scientifiques) dans le cadre des demandes d'approbation et des demandes de renouvellement d'approbation des substances. L'article 8 paragraphe 5 (demande d'approbation) énonce que le dossier doit contenir « la documentation scientifique accessible, (...), validée par la communauté scientifique et publiée au cours des dix dernières années » précédant la demande d'approbation. Dans le même sens, l'article 15 paragraphe 2 (renouvellement de l'approbation) évoque les « données nouvelles » que l'industriel entend soumettre. Le règlement 2020/1740<sup>77</sup> (procédure de renouvellement) précise également dans son article 6 paragraphes 2. d) ii) et 2. m) que l'industriel doit prendre en compte les « changements intervenus dans les connaissances scientifiques et techniques » et ces connaissances « actuelles ».

Ainsi en est-il ensuite des dispositions du règlement 1107/2009 relatives aux États membres. L'article 11 paragraphe 2 (projet de rapport d'évaluation en phase d'approbation) impose à l'État membre rapporteur de procéder à l'évaluation « à la lumière des connaissances scientifiques et techniques actuelles ». L'article 29 paragraphe 1 e) (autorisation de mise sur le marché par les États) subordonne l'AMM à l'absence d'effet nocif « dans l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques ». L'article 36 paragraphe 1 (examen de la demande d'AMM) évoque l'examen du dossier par l'État membre « à la lumière des connaissances scientifiques et techniques actuelles ». L'article 44 paragraphe 3.d) (retrait ou modification de l'AMM) permet aux États membres de retirer ou modifier l'autorisation « compte tenu de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques ». Enfin, dans le même sens, l'article 2 paragraphe 1.a) de l'annexe du règlement 546/2011<sup>78</sup> impose à l'État membre d'évaluer la demande d'AMM « en tenant compte des connaissances scientifiques et techniques actuelles ».

Ainsi en est-il également des dispositions du règlement 1107/2009 qui concernent l'EFSA, puisqu'elle doit, selon l'article 12 paragraphe 2 (conclusions en phase d'approbation), adopter

---

<sup>77</sup> Règlement d'exécution (UE) 2020/1740 de la Commission du 20 novembre 2020 établissant les dispositions nécessaires à la mise en œuvre de la procédure de renouvellement pour les substances actives, conformément au règlement (CE) no 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil, et abrogeant le règlement d'exécution (UE) no 844/2012 de la Commission, *JO L 392* du 23.11.2020, p. 20–31.

<sup>78</sup> Texte consolidé : Règlement (UE) no 546/2011 de la Commission du 10 juin 2011 portant application du règlement (CE) no 1107/2009 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les principes uniformes d'évaluation et d'autorisation des produits phytopharmaceutiques. En ligne : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0546-20221121&qid=1698247661567>

ses conclusions « compte tenu de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques ». De plus, le règlement 178/2002 instituant l'EFSA<sup>79</sup> conforte l'idée qu'elle doit, dans les domaines relevant de sa compétence, tenir compte de toutes les données scientifiques actuelles disponibles sans distinguer selon leur origine. L'article 5 paragraphe 2 évoque l'« évaluation des risques (...) fondée sur les preuves scientifiques disponibles ». L'article 32 (études scientifiques) énonce que l'EFSA s'appuie « sur les meilleures ressources scientifiques indépendantes disponibles ». Enfin, on peut, sur le fondement de l'article 23.e) déduire que l'EFSA a l'obligation de procéder à une actualisation des connaissances, car ce texte (Tâches de l'Autorité) lui impose de « **rechercher, recueillir, rassembler, analyser et résumer les données scientifiques et techniques dans les domaines qui relèvent de sa mission** » (nous soulignons).

D'autres dispositions du règlement 1107/2009 se réfèrent à l'actualité ou à la nouveauté des connaissances scientifiques et techniques sans distinguer selon l'origine des connaissances. Tel est le cas du considérant 15 qui invite à prendre en considération « tout progrès scientifique et technologique » lors du renouvellement de l'approbation. De même, l'article 4 (critères d'approbation) subordonne l'approbation par la Commission qui intervient en phase de gestion des risques à l'absence d'effets nocifs eu égard au seul « état actuel des connaissances scientifiques et techniques ». L'article 6.f) (conditions et restriction de l'approbation) et l'article 21 (réexamen de l'approbation par la Commission) se réfèrent également aux « nouvelles connaissances scientifiques et techniques ». Enfin l'article 78 paragraphe 1 a), b) et c) prévoit l'adoption de règlements par la Commission « compte tenu de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques ».

Ceci précisé, les documents d'orientation publiés par l'EFSA sont des documents non juridiquement contraignants (*soft law*). Ainsi, le dernier Document Guide de l'EFSA sur l'évaluation de l'exposition des opérateurs, travailleurs et résidents<sup>80</sup> énonce que le guide est destiné à aider les évaluateurs de risques et les demandeurs à quantifier les expositions systémiques non alimentaires potentielles dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques liés aux produits phytopharmaceutiques.

Rien n'empêche donc les États membres, qui doivent prendre des décisions à l'aune de l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, d'écarter ces documents, voire de tenir compte de connaissances qui permettent d'améliorer le modèle de l'EFSA. Dans la mesure où l'article 1<sup>er</sup> paragraphe 4 du règlement 1107/2009 énonce expressément que les dispositions du règlement « se fondent sur le principe de précaution » et où la politique de l'UE dans le domaine de l'environnement contribue, selon l'article 191 du TFUE, à l'objectif de « protection de la santé des personnes » et est fondée sur le principe de précaution, ce dernier devrait prévaloir

---

<sup>79</sup> Texte consolidé: Règlement (CE) no 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires. En ligne: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A02002R0178-20220701&qid=1698310512782>

<sup>80</sup> « Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment of plant protection products », *EFSA Journal*, 2022, vol. 20, n° 1, p. e07032, en ligne: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2022.7032>, DOI:10.2903/j.efsa.2022.7032

sur les documents d'orientation de l'EFSA. Le considérant 24 du règlement 1107/2009 énonce d'ailleurs que les « dispositions régissant l'octroi des autorisations doivent garantir un niveau élevé de protection » et que « l'objectif de protection de la santé humaine et animale et de l'environnement, en particulier, devrait primer l'objectif d'amélioration de la production végétale ». Enfin, la jurisprudence de la Cour de Justice de l'Union européenne conforte l'idée que toute nouvelle connaissance scientifique peut être prise en considération. Il est ainsi jugé à propos de l'article 21 du règlement 1107/2009 (réexamen des approbations) que « la conclusion qu'il n'est plus satisfait aux critères d'approbation prévus à l'article 4 du règlement n° 1107/2009 peut être fondée sur **toute nouvelle connaissance, pour autant qu'elle est scientifique ou technique, peu importe la source ou le document dont elle est issue** »<sup>81</sup> (nous soulignons). Dans le même sens, la Cour souligne dans l'arrêt Blaise que « l'application correcte » du principe de précaution dans le domaine couvert par le règlement 1107/2009 « présume, (...) une évaluation globale du risque pour la santé fondée sur les données scientifiques disponibles les plus fiables et les résultats les plus récents de la recherche internationale »<sup>82</sup>. Dans l'arrêt FMC/Commission (procédure de renouvellement de l'approbation), la Cour qui suit l'argumentation de la Commission européenne, relève que, « s'il est vrai que, dans le cadre de l'évaluation d'une demande de renouvellement, une attention particulière doit être réservée aux nouvelles données sur la substance active et aux nouvelles évaluations des risques, **il ne ressort nullement des textes** (...), que le demandeur ne doit pas soumettre un dossier complet **ni que l'État membre rapporteur et l'EFSA ne doivent pas évaluer toutes les données disponibles** pour déterminer si les critères d'approbation sont respectés ou non. En effet, **ainsi que le souligne la Commission, une évaluation scientifique solide doit tenir compte de toutes les informations disponibles** »<sup>83</sup> (nous soulignons).

En France, le Tribunal administratif de Paris, saisi d'un recours visant à condamner l'État pour carence fautive dans les procédures d'évaluation et d'autorisation des produits phytopharmaceutiques, a jugé : « il ressort du considérant 8 et de l'article 1er, paragraphe 4, du règlement no 1107/2009 que les dispositions de ce règlement se fondent sur le principe de précaution et que celles-ci n'empêchent pas les États membres d'appliquer ce principe lorsqu'il existe une incertitude scientifique quant aux risques concernant la santé humaine (...) que représentent les produits phytopharmaceutiques devant être autorisés sur leur territoire »<sup>84</sup>. De plus, le Tribunal devant lequel étaient invoqués l'inadéquation des procédures d'évaluation et d'autorisation et le caractère incomplet de l'évaluation par rapport aux effets démontrés dans la littérature scientifique, a retenu que « les biais méthodologiques (...) étant pour la plupart inhérents aux procédures d'évaluation des substances actives suivies au niveau européen, (...), cette seule circonstance n'est pas de nature à exonérer l'État de toute responsabilité au regard du principe de précaution défini à l'article 5 de la Charte de l'environnement et à l'article 1er, paragraphe 4, du règlement (UE) du 21 octobre 2009, (...). Dans ces conditions, (...), les insuffisances dans les procédures d'évaluation et d'autorisation de mise sur le marché des

---

<sup>81</sup> Arrêt du 6 mai 2021, Bayer CropScience et Bayer/Commission, C-499/18 P, EU:C:2021:367, § 69.

<sup>82</sup> Arrêt du 1<sup>er</sup> octobre 2019, Blaise e.a., C-616/17, EU:C:2019:800, § 46.

<sup>83</sup> Arrêt du 17 mars 2021, FMC Corp./Commission, T-719/17, EU:T:2021:143, § 107.

<sup>84</sup> Trib. adm. Paris, 29 juin 2023, n° 2200534/4-1.

produits phytopharmaceutiques doivent être regardées comme une carence fautive de l'État de nature à engager sa responsabilité ».

Eu égard aux nombreuses références à « l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques » sans distinction tenant à leur origine dans des règlements européens juridiquement contraignants, à la jurisprudence et à l'absence de prise en considération de publications sur l'exposition des personnes travaillant en milieu agricole relatant notamment le non-respect systématique du port des EPI et leur inefficacité insuffisante en conditions réalistes d'utilisation (ANSES, 2014 ; Bresson, 2022), on peut s'interroger sur la conformité au règlement 1107/2009 des procédures d'évaluation menées au niveau européen et au niveau national.

### **3.3. Quelles évolutions de l'estimation des expositions professionnelles dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides depuis le rapport ANSES 2016 ?**

Le rapport de l'ANSES publié en 2016 sur les expositions professionnelles aux pesticides avait proposé 8 groupes de recommandations dont un ensemble de 9 recommandations concernant l'évaluation des risques : « *Ouvrir une réflexion interdisciplinaire sur l'évaluation des expositions dans la procédure de mise sur le marché des pesticides, y intégrer des données de sources diverses, rendre ces données publiques* ». Nous présentons en quoi ces recommandations peuvent être maintenues ou amendées en fonction de l'évolution des connaissances issues de l'analyse de la littérature en sciences humaines et sociales et en expologie et de l'évolution des réglementations questionnées lors des auditions conduites par la formation spécifique.

#### **3.3.1. Une meilleure harmonisation des méthodes d'évaluation des expositions professionnelles entre réglementations relatives aux pesticides ?**

La recommandation 7.1. concernait l'harmonisation des méthodes d'évaluation des expositions professionnelles lors des procédures de mise sur le marché des pesticides (phytopharmaceutiques, certains biocides et médicaments vétérinaires). Cette harmonisation n'a pas eu lieu formellement pour des raisons qui n'ont pas été particulièrement investiguées dans le cadre de cette formation spécifique, notamment concernant les freins pour l'appliquer aux anciens produits. Ce point est critique notamment pour les médicaments vétérinaires. En effet, l'ANSES s'est autosaisie le 21 décembre 2018 sur l'« Évaluation des risques pour la santé humaine et l'environnement et recommandations pour leur maîtrise, dans le cadre de l'administration des médicaments vétérinaires antiparasitaires externes sous forme de bains, douches et pulvérisations en élevages de ruminants ». Au moment de cette auto saisine, cinq antiparasitaires externes disposaient d'une AMM avec une évaluation des risques ancienne ne prenant pas en compte de façon satisfaisante l'exposition professionnelle humaine et de l'environnement. Un des objectifs de la saisine était donc de réaliser une évaluation des risques, une mise à jour de la littérature depuis l'étude de cas conduite dans le cadre du rapport ANSES de 2016 et éventuellement la réalisation d'autres études de cas. Lors de l'avis de l'ANSES publié en mai 2023<sup>85</sup>, il est précisé que faute de données disponibles sur les niveaux d'exposition des travailleurs lors de l'utilisation d'antiparasitaires externes et de modèles applicables identifiés suite aux auditions de spécialistes de l'ANSES sur les réglementations

---

<sup>85</sup> Disponible au lien suivant : <https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2018SA0269Ra.pdf>

phytopharmaceutiques ou biocides, aucune évaluation des risques n'a pu être conduite par ce groupe de travail. Dans ses recommandations, l'ANSES précise qu'au niveau européen, elle portera une action afin de « Poursuivre le travail engagé par l'ANSES sur la révision des lignes directrices en matière d'évaluation des risques pour l'utilisateur en incluant la problématique spécifique des antiparasitaires externes et suivre son évolution ». D'autre part, l'ANSES s'engage à « présenter et valoriser les travaux du GT aux instances européennes (*European Medicines Agency*) pour favoriser une réflexion sur la problématique de l'évaluation des risques environnementaux des antiparasitaires externes en intégrant les modèles d'exposition ».

### **3.3.2. Quelle réflexion indépendante sur les modèles utilisés pour estimer l'exposition professionnelle aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques ?**

La recommandation 7.2. concernait l'ouverture de réflexions indépendantes sur les modèles actuels d'estimation des expositions professionnelles aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques. Comme indiqué en préambule et précisé lors de l'audition de l'EFSA, l'EFSA ne semble pas agir pour intégrer ou modifier les données utilisées dans les modèles déterministes que si elle est mandatée par la Commission Européenne ou si une agence d'un État membre lui propose de nouvelles données. Ce dernier cas peut être illustré par l'initiative du BfR en lien avec un consortium d'industriels producteurs de pesticides pour proposer le modèle « opérateur » validé par l'EFSA en 2014. Le BfR a de nouveau été à l'initiative de l'inclusion du modèle « serres » intégré dans le Document Guide de l'EFSA en 2022. Dans le cas d'un mandat de la CE, l'EFSA procède à un appel à données sans que les modalités de cet appel soient très claires (quels canaux, quels organismes visés ?). Cette démarche est assez infructueuse et aucune action ne semble être menée pour réaliser un état actualisé des connaissances scientifiques qui permettrait d'une part d'identifier, notamment dans la littérature académique, d'éventuels producteurs de données et d'avoir, d'autre part, une vision élargie des situations d'exposition (même si la méthodologie n'est pas standardisée dans la collecte des données). Or, des publications académiques prennent en considération des déterminants d'exposition qui ne sont pas toujours identifiés dans les modèles, qu'elles pourraient ainsi contribuer à améliorer. En effet, à la question de savoir si l'EFSA pose des critères d'éligibilité des données et comment la littérature scientifique est identifiée, la personne auditionnée a répondu que les règles sont strictes, mais que la littérature scientifique devrait faire partie de la réflexion du prochain cycle du groupe de travail de l'EFSA, dont l'une des tâches pourrait être d'examiner la littérature scientifique (verbatim: « *I tried to highlight in the very beginning how strict are the rules to make a study eligible, because this is the only way you can compare everything* » ; « *How is scientific literature identified ? I think [...], and this was discussed, I remember, in the workshop in May that scientific literature should be part of the reflection and the work of this new round of analysis and working group, you know. And I think one of the tasks that the working group could do is exactly looking at scientific literature* »). Il a été précisé, lors de l'audition, que les critères de sélection des études peuvent être extrêmement exigeants, que certaines études d'exposition utilisent des méthodologies d'exposition qui ne sont pas celles que l'EFSA considère comme adéquates pour être incluses dans le modèle et que l'EFSA a commencé à engager un dialogue régulier avec le monde universitaire afin de comprendre le travail de ce dernier et de lui faire comprendre ce dont l'EFSA a besoin (verbatim : « *the selection criteria of the studies can be extremely demanding*

» ; « *some exposure studies use exposure methodologies which are not the ones that EFSA consider adequate for inclusion in the model* » ; « *in EFSA we started to engage deeply and regularly with Academia in order to understand the work of Academia, and to make Academia understand what we would need* »).

De plus, en France, la Direction de l'évaluation des produits réglementés (DEPR) de l'ANSES ne considère pas que sa mission est de relayer auprès de la communauté académique française les appels à contribution de l'EFSA (verbatim « *Alors d'une manière générale, les appels à données de l'EFSA sont gérés par l'EFSA. Il est difficile pour les États membres, finalement, de faire un appel à données en parallèle de l'appel à données de l'EFSA. C'est quand même des processus qui sont gérés au niveau européen avec des délais qui sont gérés par l'EFSA, avec des conditions de soumission, des formats de soumission qui sont gérés par l'EFSA. Donc nous, on n'a pas mis en place un appel à données pour fournir des données à l'EFSA* ») alors que l'EFSA considère que les agences des États Membres doivent faire le lien (audition EFSA verbatim : « *When there's an open call, basically the open call is open for anyone. And so we try to have this advertised through our contact points, through the Member States. So, I don't know specifically but for sure we target in the communication all our Member States, competent authorities, try to spread as much as possible.* »

### **3.3.3. Sur la qualité des données utilisées pour estimer l'exposition professionnelle aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques**

La recommandation 7.3 concernait l'origine des études d'exposition utilisées dans les modèles. Les données utilisées pour le modèle « opérateur » présenté dans le Document Guide EFSA 2014 ont été partiellement publiées dans une revue allemande (*Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, plus récemment aussi nommé *Journal of Consumer Protection and Food Safety*). Cette revue n'était pas référencée dans Pubmed en 2013. Pubmed est la base de référence internationale sur les données bibliographiques en littérature biomédicale et des sciences de la vie. A noter que celle-ci dispose de critères de qualité stricts pour le référencement des revues, en particulier en matière de qualité scientifique (revue par des pairs, indépendance). Par ailleurs, les données issues du travail conjoint du BfR et d'un groupe d'industries productrices de pesticides n'a pas fait l'objet d'une publication dans des revues à comité de lecture mais de rapports sous l'égide du BfR<sup>86</sup>.

Les représentants de l'EFSA auditionnés sont en accord avec cette procédure qui leur semble suffisante et transparente pour la validation des modèles (verbatim : « *A specific working group with basically experts from competent authorities, and we went through all the work done by BFR. Actually, we went back to the raw data, we checked all the factors, and we basically revised it completely. And it was agreed that this was a good basis to have additional information on operator applying in field* »). Alors que la transparence et la traçabilité sont des

---

<sup>86</sup> BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung, German Federal Institute for Risk Assess), 2015. Joint development of a new Greenhouse Agricultural Operator Exposure Model for handheld application. BfR, Berlin. 117 pp. Available online: <https://www.bfr.bund.de/cm/350/joint-development-of-a-new-greenhouse-agricultural-operator-exposure-model-for-handheld-application.pdf> et BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung, German Federal Institute for Risk Assess), 2020. Update of the Greenhouse Agricultural Operator Exposure Model – Amendment to Project Report 01/2016. BfR, Berlin. 133 pp. Available online: <https://www.bfr.bund.de/cm/350/revision-of-the-greenhouse-agricultural-operator-exposure-model.pdf>

facteurs que l'EFSA met en avant dans ses procédures, (verbatim: « *Normally, and this is something that we're trying to achieve even though this is extremely complex in this area, we want to prepare something and use data which are fully transparent and traceable. We want the traceability of data, meaning that we want to have the raw data with us in-house. [...] Unfortunately, this has not always been possible because the alternative would have been having no data at all. And also we wanted to have databases with a quality of data allowing for scientific rigour, and offering the higher level of protection possible.* ») ces données ne sont toutefois pas publiques, même si une demande peut être faite par toute personne pour les obtenir, et ne peuvent être obtenues que suite à l'accord du propriétaire des données. Ce dernier peut de plus s'opposer à la transmission s'il existe notamment un enjeu économique.

La revue de la littérature sur les résidus foliaires délogeables mentionnée dans le nouveau Document Guide de l'EFSA n'a pas fait non plus l'objet d'une publication dans une revue à comité de lecture mais d'un rapport dans le Journal de l'EFSA<sup>87</sup>.

### **3.3.4. Une évaluation plus en prise avec les réalités statistiques du travail en agriculture ?**

La recommandation 7.4 visait à renforcer le lien entre les modèles d'exposition et la connaissance de la population agricole concernée et des conditions réelles d'exercice de ses activités. Le Document Guide de l'OCDE de 1997<sup>88</sup> préconise ainsi de s'assurer de la représentativité des observations, surtout pour celles conduites en post-AMM, si possible par un tirage au sort des individus, en favorisant la représentation de diverses fermes et individus plutôt que de répéter des observations chez les mêmes individus. Il précise en particulier que les études post-AMM, donc typiquement les études produites par des équipes académiques, doivent être au plus près des conditions habituelles d'utilisations et pas des conditions prescrites (extrait : « *Therefore, the study design would incorporate the need to evaluate exposure under well documented actual conditions of use and would be free of the constraints imposed on pre- or re-registration studies.* », p. 23). Or les publications alimentant le modèle « opérateur » de l'EFSA de 2014 ne documentent pas précisément la façon de recruter les agriculteurs ni même le nombre d'exploitations concernées. Il est difficile d'évaluer la pertinence de leurs données pour différents pays européens et types de production. Il en est de même pour les données du scénario « serres », ajouté en 2022 dans le modèle EFSA.

### **3.3.5. Quelle réflexion sur les valeurs par défaut utilisées dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides ?**

La recommandation 7.5 concernait les valeurs seuils ou les constantes utilisées dans les modèles. Les évaluations des risques se basent essentiellement sur des valeurs toxicologiques de référence (ex. dose journalière acceptable (DJA), dose sans effet nocif observable (NOAEL) en fonction des scénarii d'exposition (consommateurs, opérateurs, etc.). Lors de leur audition, les représentants de l'EFSA ont expliqué que certains facteurs de vulnérabilité sont pris en compte dans la définition du scénario d'exposition, et que c'est le scénario d'exposition acceptable le plus conservateur qui est sélectionné. Cela inclut l'ajout d'un facteur d'incertitude,

---

<sup>87</sup> Lewis, KA and Tzilivakis, J, 2017. Review of the published exposure data to pesticides for residents and bystanders, and for environmental risk assessment: Final report. EFSA supporting publication 2017:EN-1204, 101 pp.

<sup>88</sup> Document accessible au lien suivant : [https://one.oecd.org/document/ocde/gd\(97\)148/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ocde/gd(97)148/en/pdf)



qui ne peut pas être inférieur à 100 (en lien avec les valeurs de référence toxicologiques), mais peut être encore plus élevé en fonction des préoccupations ou des incertitudes liées à la base de données. Les paramètres sont ajustés en fonction du temps d'exposition et des tâches. Les tâches autres que l'application, comme le nettoyage de contenants vides ou de sacs vides, sont aussi prises en compte. Une journée de travail complète est considérée comme une journée de travail normale (8h), mais sans considérer la spécificité des tâches ou des activités. Ainsi, pour une personne effectuant le mélange et le chargement, l'application et le nettoyage à la fin du travail, puis retournant dans le champ traité uniquement pour des activités d'inspection, seule son exposition résultant des activités considérées comme « pire cas », ici les activités de l'opérateur, seront incluses dans les scénarios. Toutefois, le détail des tâches et des activités pourrait permettre de constituer des paramètres que l'EFSA souhaite améliorer et mieux intégrer à l'avenir.

Les caractéristiques physiologiques sont également prises en compte pour évaluer l'exposition des travailleurs aux pesticides. Ces caractéristiques incluent l'âge ainsi que des valeurs standards selon l'âge et le genre pour l'inhalation (fréquence par heure et journalière), le poids et la surface corporelle. Des valeurs par défaut pour la surface corporelle des parties du corps, pour les nourrissons, les jeunes enfants, les enfants et les adultes, indépendamment du genre, sont également incluses dans les modèles. La présence de pathologies n'est pas considérée comme une caractéristique physiologique, mais les facteurs de vulnérabilité liés aux conditions pathologiques sont pris en compte lors du calcul du niveau d'exposition acceptable pour les opérateurs. Les activités de nettoyage après l'application peuvent également être incluses dans l'exposition totale. Cependant, même si les évaluateurs considèrent que les EPI sont portés, et incluent donc ce scénario dans le modèle, les personnes auditionnées reconnaissent que dans de nombreuses situations sur le terrain les règles d'hygiène de base ne sont pas suivies.

Il semble que les modèles utilisés par les évaluateurs des risques se basent encore essentiellement sur des valeurs de référence ou des valeurs par défaut pour des paramètres permettant l'évaluation des risques. Il n'y a pas une ouverture ni la possibilité d'intégrer de nouvelles données de terrain.

### **3.3.6. Quelle réflexion autour des délais de rentrée ?**

Dans l'optique d'assurer une évaluation du risque plus ajustée à l'état des connaissances scientifiques sur les niveaux de contamination en « rentrée » des travailleurs au contact avec des végétaux traités, la recommandation 7.6. proposait de « revoir le mode de définition des délais de rentrée en se basant sur une évaluation des risques, comme c'est le cas dans certains pays comme le Canada, plutôt que sur le simple classement toxicologique comme c'est le cas actuellement. » La FS n'a pas pu enquêter sur cette question.

### **3.3.7. Comment mieux évaluer l'effet du matériel sur l'exposition ?**

La recommandation 7.7 concernait les types de matériel utilisés par les opérateurs. Ces matériels, que ce soit les tracteurs ou les pulvérisateurs, ne sont que très partiellement détaillés dans les modèles utilisés dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques pour les opérateurs. Ainsi, les caractéristiques prises en compte formellement dans les calculs concernent la présence ou l'absence d'une cabine, l'utilisation d'un pulvérisateur à main, porté

sur le dos ou motorisé, la présence de buses anti-dérives et enfin, si l'application est dirigée vers le bas ou vers le haut.

De nombreuses normes existent pour les machines agricoles (cabines, pulvérisateurs, etc.). Ces normes sont surtout utilisées pour définir les principales exigences et points de sécurité à vérifier. Les normes relatives aux machines ne sont pas rendues obligatoires ; cependant, il existe des normes harmonisées qui prévoient une présomption de conformité aux exigences officielles de santé et de sécurité énoncées dans la réglementation sur les machines. Les représentants de l'EFSA reconnaissent qu'il y a des défis à relever dans les scénarii d'expositions quant à l'évolution des pratiques agricoles et l'évolution du matériel (par exemple, l'utilisation de « cabines fermées » ou l'utilisation concomitante de technologies - Outils d'aide à la décision, mobilisation de données satellitaires, etc. - présentées comme contribuant à l'avènement d'une « agriculture de précision »). Les scénarii actuels sont principalement limités aux opérateurs appliquant les pesticides par tracteur. Quelques éléments comme le perfectionnement des buses ou des dispositifs de pulvérisation portatifs ont été intégrés, mais pas plus. Des efforts sont déployés pour intégrer de nouvelles données et promouvoir des changements, même s'il n'est pas simple de prendre la mesure de leurs effets sur le quotidien des personnes travaillant en agriculture.

### **3.3.8. Des modèles suffisamment conservateurs ?**

La recommandation 7.8. concernait le questionnement du caractère conservateur des modèles utilisés pour les opérateurs ou les travailleurs. Dans le cadre de l'actualisation de la revue de la littérature sur les expositions, nous avons identifié une quarantaine d'articles qui questionnent au moins en partie des éléments de la réglementation et des données de terrain (enquêtes ou mesures). Parmi ces articles, trois (Mandic-Rajcevic et al. 2015 ; Wong et al. 2018 ; Bresson et al. 2022) ont directement confronté les mesures ou enquêtes conduites auprès d'opérateurs (aucune sur les travailleurs) avec les données fournies par les modèles européens. Les résultats obtenus ont montré que l'on ne pouvait pas considérer les modèles prédictifs comme conservateurs car toutes les analyses ont constaté une sous-estimation des valeurs prédites. Cette sous-estimation concernait une partie minoritaire des observations d'une petite étude conduite en Italie sur seulement 7 viticulteurs (Mandic-Rajcevic et al. 2015), mais 25% pour les grandes cultures ou 90% pour les arboriculteurs dans l'étude de Wong et al. (2018) et 75% pour l'exposition cutanée des mains lors des phases de préparation en arboriculture fruitière en France (Bresson et al. 2022).

### **3.3.9. Une meilleure prise en compte des populations « particulières » ?**

La recommandation 7.9 concernait la prise en compte de populations particulières. Quelques études ont impliqué des adolescents et des travailleurs illettrés dans divers pays à faible revenu, soulignant l'urgence de réglementations et de pratiques de sécurité plus strictes pour protéger les populations vulnérables. La FS n'a cependant pas pu investiguer cette question.

## **4. Quelles solutions de prévention pour limiter l'exposition professionnelle aux pesticides ?**

### **4.1. Le poids des vêtements et des gants de protection dans les stratégies de prévention**

Il est important de rappeler que les équipements de protection individuelle sont considérés comme la dernière barrière à mettre en place dans la hiérarchie des principes de prévention. Dans cette perspective doivent être privilégiés la suppression du danger à la source ou bien les protections collectives et ce bien avant la mise en œuvre d'équipements de protection individuelle. Ces actions sont de la responsabilité de l'employeur.

Malgré ce principe énoncé dans le code du travail de manière très claire, parmi les solutions proposées pour réduire l'exposition aux pesticides des travailleurs et opérateurs agricoles, les équipements de protection individuelle ont connu au cours des 15 dernières années un regain d'intérêt scientifique et réglementaire, qui ne s'est pas démenti depuis 2016 et la remise du rapport de l'ANSES. Parce qu'il est admis que la voie d'exposition principale aux pesticides en agriculture est la voie cutanée, l'accent a été mis sur les vêtements et les gants de protection.

#### **4.1.1. La normalisation des vêtements de protection et ses limites**

Tel qu'indiqué dans la partie contexte, la norme NF EN ISO 27065 a été publiée en 2017, poussée par les initiatives de la France, et accompagnée par des publications scientifiques faisant office de validation des méthodes et stratégies d'essais proposées dans cette même norme (Shaw et al., 2018 ; 2021; Shaw & Paul Schiffelbein, 2016) . Elle propose 3 niveaux de protection (C1, C2 et C3), du moins protecteur au plus protecteur, en fonction des activités exposantes menées par les opérateurs. Le niveau de protection C1 peut être atteint par des vêtements de travail classiques (pantalons, chemises, combinaisons en coton ou coton/polyester). Le niveau de protection C2 est plus élevé. Les vêtements répondant actuellement à ce niveau sont aussi des vêtements de travail classiques, qui ont été enduits d'un produit déperlant pour limiter la pénétration des pesticides dans le tissu. Ces vêtements sont qualifiés « d'équipements de protection individuelle (EPI) vestimentaires ». Les vêtements de niveau C3, comme des tabliers en polyéthylène par exemple, sont plus « imperméables », ils sont résistants à la perméation. En date d'aujourd'hui, quelques fabricants français se sont lancés dans la vente de vêtements certifiés. Les leaders mondiaux des équipements de protection individuelle n'ont quasiment pas intégré ce marché. Nous n'avons connaissance d'aucune étude – ni littérature grise, ni étude scientifique évaluée par les pairs – documentant le succès de ces vêtements auprès de la population agricole.

Les recommandations d'EPI sur les étiquettes des produits phytopharmaceutiques en France incluent aujourd'hui ces nouveaux vêtements. Elles impliquent que ces vêtements sont censés réduire l'exposition d'un facteur compatible avec le facteur de protection inclus dans le modèle d'évaluation de l'exposition de l'EFSA. Une seule étude (Thouvenin, Bouneb et Mercier, 2016, financée par l'ANSES) visant à vérifier ces facteurs de protection a pour l'heure été menée, en milieu viticole. L'ANSES a rappelé lors des auditions que la stratégie faisant appel à ces vêtements de protection (équivalent C2) permettait d'atteindre un niveau de protection couvert par le modèle AOEM de l'EFSA, et donc une exposition jugée acceptable. La dimension du

confort apporté par ces vêtements, autre élément clé mis de l'avant pour justifier l'apparition de ces vêtements, qui peut encourager/décourager le port d'EPI, n'est pas renseignée.

En plus du manque d'informations évoqué jusqu'à présent (pas de données robustes montrant l'adoption de ces vêtements par les agriculteurs, une seule étude pour valider le niveau de protection atteint, pas de retour construit sur le confort), des questions se posent quant à la plus-value apportée par ces vêtements, qu'ils soient de niveau C1, C2 ou C3 :

- Les méthodes d'essais normalisées permettant de mesurer l'efficacité (l'effet barrière) des matériaux de confection de ces vêtements (perméation, pénétration) ne sont pas celles mises en œuvre pour mesurer la résistance des vêtements de protection chimique communément utilisés dans l'industrie. Cela interroge la pertinence et le sens des données obtenues. À la suite d'une demande conjointe des ministères du Travail et de l'Agriculture, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) a réalisé une étude bibliographique sur le sujet des méthodes d'essais. Une étude expérimentale sera menée prochainement.
- La norme NF EN ISO 27065 dans sa version de 2017 faisait appel à une seule formulation commerciale (concentré émulsionnable) de produit phytopharmaceutique, le Prowl® 3.3 EC, considérée comme un « pire cas », pour les essais de pénétration et de répulsion. Pour les essais de perméation sur les vêtements de niveau C3, il était aussi le seul produit utilisé. Un amendement de la norme NF EN ISO 27065 publié en 2019 a avalisé le remplacement du Prowl® 3.3 EC comme produit d'essai par un substitut formulé similaire au Prowl® 3.3 EC, le EC-DY.

Devant la multiplicité des polymères pouvant constituer les EPI de niveau C3, et la multiplicité des formulations commerciales de produits phytopharmaceutiques, le fait de n'utiliser que le Prowl® 3.3 EC (ou le EC-DY) comme produit d'essai pose donc question. Suite à notre sollicitation, L'INRS mentionne à ce sujet qu'il propose « d'imposer au fournisseur de produits chimiques, dont les produits phytopharmaceutiques, de tester la résistance chimique des EPI en contact avec la peau (gants, vêtements, articles chaussants) selon les méthodes reconnues, avec les produits qu'ils mettent sur le marché ».

- Les protections et garanties apportées par la norme NF EN ISO 27065 ne seraient pas suffisantes, selon des « signaux » rapportés par le MASA lors des auditions, et une étude de l'INRS (Guilleux et al., 2022). Ce constat a mené la France, lors du processus de révision systématique des normes, à demander le retrait de ces vêtements C1. Des pays proposent des changements plus structurels dans la normalisation des vêtements de protection. Lors de l'audition du BNITH, il a été évoqué que dans le cadre d'une révision générale des normes sur les vêtements de protection, il était envisagé une vision modulaire de la protection cutanée. Ainsi, les normes spécifiquement dédiées à la protection contre les pesticides seraient fondues dans celles dédiées à la protection contre les produits chimiques. Ceci sous-entend possiblement un changement des critères et des exigences de performances pour les actuels vêtements NF EN ISO 27065, incluant les méthodes d'essais.

- Dans la mesure où ces vêtements sont lavables et réutilisables, se posent les questions de leur entretien pour maintenir un niveau de protection suffisant dans le temps, et de l'efficacité du lavage pour retirer les résidus de produits phytopharmaceutiques et éviter une contamination secondaire. Espanhol-Soares, de Oliveira, et Gonçalves Machado-Neto (2016) ont pu mettre en évidence cette perte d'efficacité avec le temps de vêtements enduits de produits déperlants. L'INRS mentionne également des études décrivant « l'absorption de produits phytopharmaceutiques par des matériaux constituant les vêtements de travail et leur très difficile décontamination ». Ce point mérite sans aucun doute de plus amples investigations.
- Dans la mesure où les vêtements de niveau C1 et C2 ressemblent fortement à des vêtements de travail, il est loisible de se demander si ces vêtements ne sont pas utilisés pour d'autres tâches sur les exploitations agricoles, utilisation pendant laquelle l'exposition pourrait perdurer au-delà des moments d'utilisation des pesticides ou du travail de rentrée, et l'usure pourrait être accélérée.

#### **4.1.2. La normalisation des gants de protection et ses limites**

En 2019, l'Organisation internationale de normalisation (ISO) a également publié la norme ISO 18889 pour décrire les exigences de performances des gants à utiliser pour se protéger des pesticides quand on les manipule ou quand on travaille au contact des végétaux traités. Elle s'inscrit dans la continuité de la norme NF EN ISO 27065, visant à identifier des EPI spécifiques pour se protéger des produits phytopharmaceutiques. Elle décrit trois catégories de gants, correspondant à des usages et/ou des niveaux d'exposition potentielle différents. Les gants G1 et G2 remplissent à la fois les exigences de performances de gants de type C et B, respectivement, selon la norme NF EN 374-1 (gants de protection contre les produits chimiques dangereux et les microorganismes), et des exigences de résistance à la perméation pour le produit de substitution EC-DY.

La nouveauté proposée dans cette norme ISO 18889 réside également dans la certification de gants destinés à être utilisés lors de travaux de rentrée sur parcelles traitées (gants GR). Le type de gants visé par cette certification est déjà utilisé dans divers secteurs industriels pour protéger surtout des risques mécaniques, et potentiellement des huiles. On parle là de gants en tricot, enduits d'un film polymère (nitrile, polyuréthane) sur la paume de la main et une fraction variable des doigts et du dos de la main selon les modèles. La partie enduite du gant subit des essais de perméation avec de la soude et le produit de substitution EC-DY, et la partie tricotée ne subit aucun essai de pénétration.

Cette norme n'est pas encore devenue une norme européenne, car les garanties de protection offertes ne sont pas suffisantes pour obtenir un consensus :

- Les éléments obtenus lors de nos auditions et de discussions professionnelles nous amènent à penser que le choix des méthodes d'essai pour mesurer la résistance à la pénétration et à la perméation occupe une place importante dans le débat normatif actuel. De son côté, l'INRS encourage la mise en œuvre des méthodes d'essai déjà éprouvées pour les vêtements/gants de protection chimique.

- La recommandation de gants GR interroge également. En elle-même, l'exposition associée aux travaux de réentrée est très mal connue et caractérisée, *a fortiori* l'exposition avec/sans gants. Alors que certains travaux de rentrée nécessitent un bon niveau de dextérité (lors du levage dans les vignes par exemple), le port de gants peut être excessivement gênant. Par ailleurs, pour éviter la chaleur, nombre de travaux de rentrée se font préférentiellement le matin, moment où la rosée peut encore être présente sur la végétation. Or les gants GR sont destinés à réduire le contact avec « des résidus de pesticides secs ou partiellement secs présents à la surface de la plante », ce qui interroge sur l'intérêt de ces gants, et le niveau de protection offert en cas d'absorption par le tricot du gant de la rosée ayant pu dissoudre les résidus foliaires délogeables. La réutilisation de ces gants pose également question s'ils sont fortement sollicités mécaniquement par les travaux de rentrée, ce qui pourrait à la fois altérer leur résistance à la perméation et à la pénétration de résidus partiellement secs.

Ainsi, comme pour les vêtements de protection NF EN ISO 27065, les gants ISO 18889, pâtissent actuellement d'un déficit de caractérisation de performances en laboratoire, et en études de terrain.

#### **4.1.3. EPI : et après ?**

Des changements importants ont bien eu lieu ces 10 dernières années en ce qui concerne la protection individuelle et les vêtements/gants de protection, les points centraux étant l'apparition de la norme NF EN ISO 27065, les vêtements répondant aux critères de cette norme, et les recommandations d'EPI sur les étiquettes de produits phytopharmaceutiques faisant appel à cette norme. En cela, le travail mené par les différentes parties prenantes a été considérable. Pour autant, il reste encore des zones d'ombre, et la norme ISO 18889 (consacrée aux gants) n'a pas été adoptée par le comité européen de normalisation.

Il est évidemment hautement souhaitable de certifier des EPI grâce à des essais en laboratoire mettant en œuvre des méthodes éprouvées pour garantir des exigences essentielles et spécifiques de sécurité. Les méthodes d'essais peuvent changer, le nombre de critères et les exigences augmenter, mais serait-ce pour autant suffisant afin de garantir un niveau d'exposition « acceptable » en conditions réelles de travail ? Cela interroge entre autres l'adaptation de ces vêtements/gants aux tâches agricoles, et leur adoption par les travailleurs/opérateurs agricoles. Alors que l'inconfort thermique et la perte de dextérité font partie des raisons communément invoquées pour expliquer le non port d'EPI, aucune publication traitant de ce sujet n'a pu être identifiée pour ces nouveaux équipements de protection.

Pour les vêtements NF EN ISO 27065 comme pour les gants ISO 18889, il semblerait donc que l'intérêt à les utiliser gagnerait à être caractérisé dans des conditions réelles d'utilisation, non supervisées, respectant les stratégies de protection préconisées sur les étiquettes pour autant qu'elles soient réalistes. Les notions d'efficacité de protection et de confort devraient être explorées, ces deux notions étant inversement corrélées.

## 4.2. Former pour mieux prévenir, une solution d'évidence ?

Ainsi que cela a été rappelé au début de cette partie, la prévention des risques liés aux pesticides (produits phytopharmaceutiques, antiparasitaires externes, biocides) s'inscrit dans différentes obligations réglementaires liées à la prévention des risques santé, sécurité au travail en agriculture. L'autorisation de mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques mais aussi des biocides et des antiparasitaires externes utilisés en élevage impose généralement le port d'EPI. L'employeur a l'obligation de mettre à disposition des salariés mais aussi des stagiaires et des apprentis des équipements de protection individuelle adaptés. Il est aussi responsable de leur utilisation effective. Cependant si l'on suit la réglementation, la prévention des risques liés aux pesticides ne peut se réduire au port d'EPI. Par ailleurs, la prévention ne peut se réduire à une mise en œuvre de la réglementation. Elle est aussi le résultat de démarches conduites sur les exploitations par les personnes y travaillant en lien ou non avec des professionnels de la prévention. Regardons les dispositifs principaux existants visant à assurer la prévention des risques professionnels liés aux pesticides.

Le premier est constitué, en France hexagonale, par les services Santé, Sécurité au Travail de la MSA qui sont chargés d'apporter un conseil prévention SST. Chaque caisse dispose d'un service dédié et la Caisse centrale de conseillers techniques nationaux thématiques, dont un en charge du risque chimique. Une infographie datée 2021 produite par la MSA indique que 267 médecins du travail, 175 infirmiers en santé au travail et de 238 conseillers en prévention assurent « des missions de santé au travail et de prévention des risques professionnels sur l'ensemble du territoire français, sous le pilotage d'une équipe centrale composée de 32 collaborateurs » (MSA 2021a). Le document précise aussi que ces professionnels sont « au service de 1,7 million d'actifs agricoles : 530 000 exploitants et 1,2 million de salariés agricoles ». On remarque que le nombre de professionnels disponibles pour les missions SST à la MSA par rapport aux nombres de personnes travaillant en agriculture est peu élevé. Ce manque de moyens humains est d'autant plus conséquent que d'une part les services SST peuvent être sollicités sur de très nombreuses thématiques - contention des animaux, risques machines, de chutes de hauteur, psycho-sociaux, zoonoses etc. -, et pour des personnels d'entreprises relevant de la MSA mais qui ne sont pas des exploitations agricoles (Chambres d'agriculture, Crédit agricole, certaines entreprises agroalimentaires...) et que, d'autre part, les missions de ces professionnels ne se limitent pas au conseil prévention SST.

Le manque de moyens humains conduit à des priorisations multiples qui s'opèrent : - au niveau national, ce qui se traduit notamment dans le Plan National Santé Sécurité au Travail en agriculture (MSA 2021 b) (celui en vigueur porte sur la période 2021-2025) ; - au niveau des caisses en fonction du Plan national, mais aussi des ressources humaines et financières, des politiques et problématiques locales (Ginelli et al. 2021) ; - et enfin au niveau individuel, des préventeurs ou préventrices pouvant développer des centres d'intérêt, des approches et des compétences spécifiques sur certaines problématiques. Une étude (Laurent et al. 2023) met ainsi en lumière la diversité des points de vue existant au sein de la MSA quant à la prévention des risques liés aux pesticides : pour certaines personnes y travaillant cette question est importante et mérite un investissement sérieux. Pour d'autres, les pesticides ne posent pas véritablement de problèmes et la prévention des risques pesticides est un enjeu secondaire par rapport à d'autres problématiques qu'elles considèrent comme bien plus préoccupantes.

D'autres, enfin, sont convaincues que les pesticides posent certains risques mais qu'il faut éviter d'attirer trop l'attention sur ce sujet car il est sensible. Bien que le risque chimique (ce qui va au-delà de la question des pesticides) fasse partie des priorités nationales, il peut donc suivant les configurations locales faire l'objet de plus ou moins d'attention et d'investissement de la part des services SST de la MSA et certains publics peuvent être privilégiés au détriment d'autres (exploitants, *versus* salariés permanents, *versus* salariés précaires, *versus* élèves de l'enseignement agricole...). Le manque de moyens des services SST a aussi pour conséquence le développement d'un système de sous-traitance d'activités de prévention à des prestataires extérieurs : MSA services (une émanation de la MSA) et d'autres prestataires ayant des compétences spécifiques. Il est ainsi possible que certaines activités de prévention des risques liés aux pesticides puissent être déléguées à d'autres entités. Dans tous les cas, il apparaît difficile pour les professionnels de la prévention travaillant dans les services SST de la MSA d'investir toutes les formes de prévention pour tous les publics des territoires dont ils ont la charge tout en assurant les autres tâches qui leur sont confiées (Muñoz 2022) : apporter un conseil aux employeurs pour répondre à leurs obligations réglementaires ; analyser des situations d'exposition et concevoir des stratégies pour réduire ou supprimer ces expositions dans des exploitations à la demande des chefs d'exploitation ; initier et, ou contribuer à des études sur des problématiques d'exposition ; attribuer des financements à des projets visant à réduire les expositions dans certaines exploitations via les dispositifs MSA ; développer des outils de formation et, ou encore former différents publics à la prévention des risques ...

Une des obligations importantes en matière de prévention des risques professionnels en agriculture est la production et l'utilisation au niveau de chaque exploitation d'un document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP), instauré par une réglementation datant de 2001 mais dont la mise en œuvre effective a pris du temps. Tous les employeurs sont en effet tenus de procéder à une évaluation des risques auxquels sont exposés leurs salariés, et de transcrire les résultats et mesures de prévention mises en œuvre associées dans un DUERP. Cette obligation résulte de la Directive-cadre 89/391/CEE du 12 juin 1989 concernant les mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs. Cette directive promeut la mise en œuvre des neuf grands principes généraux de prévention qui doivent dès lors guider la construction de la prévention au sein des entreprises – et qui confèrent aux EPI le statut de solution de dernier recours lorsque toutes les autres options ont été épuisées. Le DUERP doit être actualisé après chaque accident du travail, à chaque modification du cadre de travail pour les entreprises de moins de 11 salariés et, annuellement pour celles de plus de 11 salariés. La prévention des risques professionnels liés aux pesticides construite par les DUERP devrait idéalement être l'aboutissement de démarches impliquant les salariés (Smanguine 2022, p. 122-125). Les DUERP doivent par ailleurs être mis à disposition des salariés, des apprentis et des stagiaires. Il est à noter que les exploitations n'employant pas de salariés et, ou n'accueillant pas de stagiaires ou apprentis ne sont pas tenues de produire un DUERP. Les exploitants ou exploitantes travaillant seules échappent donc à cet exercice d'évaluation des risques et de mise en place de mesures de prévention.

Il n'existe pas à notre connaissance d'études sur les manières dont les DUERP ont été construits et sont mis à jour dans les exploitations agricoles. A quelles ressources les employeurs ont-ils pu avoir accès pour construire les DUERP ? Quelles ont, par exemple, été les formes



d'implication des services SST de la MSA ? Quelles formes ces DUERP prennent-ils ? De même, nous n'avons pas d'informations précises sur la mise en œuvre des DUERP dans les exploitations agricoles et sur les usages qui peuvent être faits par les employeurs comme par les salariés. Il y a peu d'indications montrant qu'ils jouent le rôle central dans la prévention des risques professionnels en agriculture que leur attribue la réglementation. En tout état de cause, c'est un outil qui semble peu envisagé par les acteurs pour la prévention des risques liés aux pesticides – alors même que ces risques doivent être traités par le DUERP dans toutes les exploitations où ils sont utilisés. Il n'a pas été évoqué lors des auditions.

D'autres outils réglementaires sont plus largement mis en avant pour assurer la prévention des risques pesticides en agriculture. Ces outils ont en commun d'insister sur l'information et la formation des salariés travaillant sur les exploitations (quels que soient leurs employeurs) et, ou des personnes manipulant des pesticides (quel que soit leur statut, exploitant, salarié de l'exploitation, salarié extérieur à l'exploitation).

La formation à la santé, sécurité au travail des personnes salariées travaillant sur les exploitations est présente dans les dispositifs réglementaires existants. Cette obligation de formation se décline de différentes manières. Tout d'abord les employeurs doivent organiser une formation pratique à la sécurité pour leurs salariés et ce, quelle que soit la durée de leur contrat. Cette obligation concerne donc aussi les contrats de moins de 45 jours pour lesquels seule l'obligation de visite médicale qui existe pour les contrats plus longs est supprimée. Tout salarié, même précaire, est donc supposé recevoir, et ce à chaque nouveau contrat sur une nouvelle exploitation, une formation qui doit inclure des éléments sur les manières d'éviter ou de limiter l'exposition aux pesticides tels qu'ils sont utilisés sur l'exploitation et auxquels ils sont susceptibles d'être exposés directement ou indirectement. Cette obligation de formation s'accompagne d'une obligation d'information : les salariés doivent non seulement avoir accès au DUERP de l'exploitation mais aussi aux Fiches de données de sécurité (FDS) de tous les produits auxquels ils peuvent être exposés directement ou indirectement. Chaque produit possède sa fiche. Ces FDS donnent en 16 chapitres les informations réglementairement requises mais aussi celles liées aux bonnes pratiques de manipulations et d'utilisation du produit concerné. Elles doivent être conservées en dehors des locaux de stockage mais rester accessibles et proches de la zone de manipulation des produits.

Il n'existe pas à notre connaissance d'études qui évaluent la mise en œuvre de ces obligations de formation et d'information des salariés dans les exploitations, et en particulier des salariés précaires. Cette mise en œuvre est sans doute extrêmement variable, alors même que le nombre de salariés, en particulier de salariés précaires, augmente régulièrement (voir partie 1.4). Plusieurs éléments qui peuvent potentiellement affecter la portée de cette obligation de formation méritent d'être signalés. Premièrement, la conception de ces formations demande des compétences et des ressources. Les services SST de la MSA peuvent théoriquement assurer ces formations et/ou produire des contenus et des outils à cette intention. Mais ils n'ont sans doute pas les moyens de répondre à tous les besoins de formation des salariés ou de formateurs de salariés sur les exploitations. On trouve cependant en ligne des outils, certains interactifs, destinés à la formation des saisonniers agricoles ou des formateurs de salariés saisonniers produits par la MSA ou d'autres organismes. Nous ne savons pas dans quelle mesure ils sont

utilisés mais il est notable que nombre d'entre eux n'évoquent pas l'exposition aux pesticides qui peut aussi se produire de façon indirecte. Deuxièmement, si les employeurs doivent réaliser ou faire réaliser ces formations et doivent aussi s'assurer que les mesures préconisées puissent être adoptées et sont adoptées par les salariés, il y a peu de moyens permettant de vérifier qu'ils remplissent effectivement leurs obligations. Troisièmement, dans le cas où des salariés extérieurs aux exploitations interviennent sur les exploitations, les chefs d'exploitation peuvent considérer qu'ils ne sont pas responsables de la santé et sécurité au travail de ces salariés qu'ils n'emploient pas directement, alors même qu'ils en ont réglementairement la responsabilité. Plus généralement, les transformations et la complexification de l'emploi agricole (du côté des salariés comme des employeurs) peuvent rendre encore plus difficile la mise en œuvre des obligations de formation à la santé et sécurité au travail et de prévention associées (Laurent et NGuyen 2022). Pour le cas où ces dispositifs de formation et d'information sont effectivement utilisés, il n'existe pas à notre connaissance, d'évaluation approfondie de leur efficacité en matière de prévention des risques et de limitation des expositions directes ou indirectes chez les salariés qu'ils soient permanents ou précaires.

Le dispositif principal de formation en matière de prévention des risques pesticides, mentionné à plusieurs reprises dans les auditions, est celui qui est associé à l'obtention d'un certificat d'aptitude que doit posséder obligatoirement depuis 2014 toute personne voulant utiliser, vendre ou acheter des produits phytopharmaceutiques, le Certiphyto. Ce certificat individuel est valable cinq ans. Il existe cinq types de certificats qui correspondent à des fonctions exercées : - conseil à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques ; - mise en vente, vente et distribution à titre gratuit de produits phytopharmaceutiques ; - utilisation des produits phytopharmaceutiques dans la catégorie décideur en entreprise soumise à agrément (DESA) ; - utilisation des produits phytopharmaceutiques dans la catégorie décideur en entreprise non soumise à agrément (DENSA) ; - utilisation des produits phytopharmaceutiques dans la catégorie opérateur. De la même manière, a été instauré depuis 2018 un « Certificat individuel » dit Certibiocide, que les professionnels qui utilisent des produits biocides dans leur activité professionnelle, notamment en tant qu'opérateur, technicien, employeur salarié ou indépendant et les personnes qui exercent les activités de mise en vente, de vente ou de distribution à titre gratuit des produits biocides réservés aux professionnels, doivent posséder. Il existe des passerelles entre le Certiphyto et le Certibiocide. La formation préalable à la délivrance du Certiphyto dure normalement de 14 à 18 heures. Une partie de ce volume horaire seulement (4 heures) est consacrée aux questions de prévention des expositions aux pesticides.

Le Certiphyto résulte d'une grande ambition à laquelle n'a cependant été allouée que peu de fonds publics. Il en a résulté que la formation qui justifie l'attribution de la certification a été externalisée (Ansaloni et Smith 2017). La formation est ainsi délivrée par un organisme habilité par les DRAAF (Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt). Parmi les organismes habilités on trouve par exemple des chambres d'agriculture, des instituts techniques, des organismes de formation. Les formateurs qui opèrent sur les modules santé, sécurité des opérateurs peuvent aussi bénéficier d'une formation aux questions santé, sécurité liées aux pesticides, dite formation des formateurs. Il existe différentes modalités de renouvellement du Certiphyto qui peuvent depuis 2020, dans certaines circonstances, se limiter au passage d'un test payant en ligne permettant de valider la maîtrise des connaissances

requis. Le Certiphyto est accordé aux jeunes diplômés de l'enseignement agricole sans que pour autant il n'existe d'assurance qu'ils aient été formés à la prévention des risques liés aux pesticides.

Au vu du rôle qui est accordé à ces certifications dans la prévention des risques liés aux pesticides, il apparaît important d'en connaître la portée et l'efficacité. Pour les personnes travaillant sur les exploitations, on relève que le Certiphyto et le Certibiocides ne s'adressent qu'à celles qui manipulent les produits, les préparent et les appliquent. Les travailleurs, qui peuvent pourtant être exposés indirectement, sont exclus de ce dispositif. On relève aussi le faible nombre d'heures dédiées à la formation santé, sécurité, ce qui implique que les connaissances dispensées sont basiques et génériques. On note encore que les jeunes diplômés de l'enseignement agricole peuvent l'obtenir quasiment automatiquement sans qu'il y ait de certitude qu'ils aient été correctement formés à la prévention des risques pesticides – ce qui incidemment interroge la préparation des stagiaires et des apprentis à la gestion des situations dans lesquelles ils peuvent être exposés aux pesticides. A notre connaissance, il n'existe pas à ce jour d'évaluation rigoureuse de ces dispositifs de certification et de leurs impacts en matière de prévention des risques pesticides. Les auditions ne nous ont pas permis d'identifier une telle évaluation. De nombreuses questions restent ainsi en suspens. Le contenu de la formation est-il adapté ? Permet-il de faire face à l'hétérogénéité probable des connaissances que peuvent avoir les personnes qui suivent la formation ? Quels sont les profils des formateurs ? De quelles compétences et connaissances disposent-ils pour assurer la formation ? Que retiennent les personnes formées de la formation reçue ? Dans quelle mesure la formation contribue-t-elle à initier des changements de pratiques chez les personnes qui la suivent ?

L'évaluation de la mise en œuvre effective et de la portée des formations SST obligatoires des salariés permanents et précaires, des apprentis et des stagiaires en matière de prévention des risques liés aux pesticides comme celles de l'efficacité des certifications Certiphyto et Certibiocide apparaissent comme d'autant plus importantes à réaliser qu'il existe des travaux en sciences humaines et sociales - dont les plus récents ont été inclus dans la revue de littérature associée à ce rapport - qui montrent que les dispositifs descendants et génériques de formation à la prévention des risques pesticides ont généralement un impact limité. Ils peuvent modifier les connaissances des personnes qui reçoivent ces formations sans modifier leurs intentions comportementales ou leurs comportements. En particulier, les stratégies de prévention que promeuvent les formations sont souvent en décalage avec ce que ces personnes sont en mesure de mettre en œuvre que ce soit pour des raisons techniques liées à l'organisation du travail ou aux conditions environnementales dans lesquelles se déroule le travail, ou pour des raisons économiques ou de rapports de pouvoir défavorables. Bien que souvent réalisés dans des contextes assez différents des contextes français, ces travaux rappellent qu'une prévention efficace des risques liés aux pesticides ne peut être seulement conçue comme relevant de l'individu qui, bien (in-)formé, choisirait, ou non, de se protéger. Elle demande aussi des mises en situation, un suivi temporel et des investissements collectifs conséquents qui puissent permettre le déploiement à différentes échelles de mesures dont l'efficacité pour les publics auxquels elles s'adressent aura été évaluée de manière approfondie.

### 4.3. Conclusion

En conclusion, les politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides en agriculture ont connu de notables évolutions depuis la parution du rapport de l'ANSES en 2016, à travers le processus de normalisation des vêtements de protection (gants et combinaisons) et la création du Certibiocide. Il reste que les fondements de ces politiques sont restés remarquablement stables. Celles-ci reposent toujours sur deux piliers principaux : la quête de vêtements et d'équipements de protection efficaces contre l'exposition aux pesticides et la formation des travailleurs qui les utilisent. De ce point de vue, la prévention des risques professionnels liés aux pesticides reste pensée à partir d'un modèle industriel qui maîtriserait bien ses process et limiterait les variabilités et les incidents. Cette transposition dans l'agriculture rencontre de nombreuses difficultés en raison de la forte variabilité des activités et de leurs conditions de réalisation, mais aussi du fait d'une répartition du travail totalement différente, les personnes travaillant en agriculture pouvant cumuler une grande diversité de fonctions. La place des EPI dans les politiques de prévention illustre cette problématique. Les EPI ont été conçus pour des situations de travail industrielles, qui ne correspondent que peu aux réalités des conditions de travail des agriculteurs : en termes de gestion d'aléas et d'incidents (déchirures fréquentes dans les conditions accidentées du champ et en fonction du type de végétation, débordement de la cuve du pulvérisateur, bouchage de buses, etc.), de pénibilité liée aux efforts, aux manutentions mais aussi en termes de température et d'hygrométrie. Les difficultés des processus de normalisation ISO dédiés à la recherche de vêtements de protection adaptés aux travailleurs exposés aux pesticides en agriculture posent question quant à la possibilité de concevoir la prévention en agriculture à partir d'un modèle industriel, qui n'est lui-même pas sans limite.

Ces interrogations sont rendues particulièrement urgentes par les mutations en cours dans l'emploi agricole. En raison de l'érosion du modèle de l'agriculteur exploitant, les statuts des travailleurs exposés aux pesticides en agriculture sont de plus en plus hétérogènes, et, pour certains d'entre eux, de plus en plus difficiles à atteindre pour les acteurs et les instruments de la prévention des risques professionnels en agriculture. Si l'on peut penser – sans certitude – que, depuis une quinzaine d'années, la prévention des risques professionnels liés aux pesticides a gagné en efficacité auprès de certaines catégories de personnes travaillant en agriculture (dotées d'un statut stable et effectuant les travaux afférents aux traitements phytopharmaceutiques), rien n'indique que les nombreux travailleurs – notamment les plus précaires – exposés indirectement aux pesticides (par le biais de contacts avec les végétaux ou de locaux traités, ou de la dérive des produits phytopharmaceutiques) sont aujourd'hui mieux protégés qu'ils ne l'étaient au début du siècle.

## 5. Recommandations

Le rapport de l'ANSES de 2016 (Laurent et al., 2016) proposait 49 recommandations regroupées en 8 chapitres : 1. « Diminuer l'usage des pesticides avec l'objectif explicite de réduire les expositions professionnelles des personnes travaillant dans l'agriculture » ; 2. « Produire des données sur les situations d'expositions considérant la diversité des personnes exposées en soutenant le développement d'études indépendantes » ; 3. « Favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides » ; 4. « Évaluer et agir sur l'environnement technique de l'exposition en intégrant les contraintes des utilisateurs » ; 5. « Réorganiser le conseil pour réduire les expositions aux pesticides » ; 6. « Évaluer et améliorer la qualité des formations proposées sur les expositions professionnelles aux pesticides aux personnes travaillant dans l'agriculture » ; 7. « Ouvrir une réflexion interdisciplinaire sur l'évaluation des expositions dans la procédure de mise sur le marché des pesticides, y intégrer des données de sources diverses, rendre ces données publiques » ; 8. « Réduire la complexité des réglementations concernant les pesticides ».

Nous revenons ici sur ces recommandations pour expliciter ce qui a été fait depuis cette date et ce qu'il reste à faire. Quatorze des recommandations évoquées par le rapport de 2016 n'ont pu être investiguées dans le cadre du présent rapport.

Nous proposons également 2 nouvelles recommandations.

### **5. 1. « Diminuer l'usage des pesticides avec l'objectif explicite de réduire les expositions professionnelles des personnes travaillant en agriculture »**

**5.1.1.** « Revoir la stratégie du plan ECOPHYTO en mettant en oeuvre dès maintenant et sans attendre 2020 une réelle politique d'accompagnement des acteurs à la réduction d'utilisation des pesticides fondée sur la recherche d'une moindre dépendance des systèmes de culture et de production aux pesticides permise par des stratégies de reconception de ces systèmes »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en oeuvre, il convient de la maintenir.

**5.1.2.** « Évaluer et rendre compte de façon systématique des consommations de pesticides associées à différents modes de conduite technique. Rendre publics les résultats de ces évaluations et documenter les données d'exposition qui leur sont associées. Sont particulièrement concernés de nouveaux modes de conduite qui seraient préconisés, ou des modes de conduite pour lesquels la littérature scientifique et/ou l'analyse de données statistiques fait ressortir des recours importants aux pesticides, en particulier i) certaines techniques de production encouragées par les organisations professionnelles agricoles et les pouvoirs publics : techniques sans labour, simplification des successions, développement d'unités d'élevage de grande dimension... et ii) les cahiers des charges imposant aux producteurs des résultats (cosmétique, conservation) ne pouvant être obtenus qu'à l'aide d'un recours élevé aux pesticides »

**Constat** : La formation spécifique n'a pas identifié d'étude destinée à évaluer les expositions associées aux techniques de production encouragées ou aux cahiers des charges

**Conclusion** : Maintenir la recommandation en l'état.

**5.1.3.** « Assurer une veille sur l'utilisation d'outils d'aide à la décision et identifier la part des outils qui permettent de porter un diagnostic sur la situation par rapport à ceux qui fonctionnent comme des « alertes » et délivrent surtout des incitations à traiter (via SMS, e-mails...) sans référence à l'observation de l'état des cultures dans l'exploitation »

**Constat** : La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion** : Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.1.4.** « Développer des études spécifiques, intégrant des données sur les expositions des personnes travaillant en agriculture, pour tenir compte des expositions professionnelles dans l'évolution des pratiques d'utilisation des pesticides. Sont particulièrement concernées les stratégies d'efficience (par exemple fractionnement des doses) et de substitution »

**Constat** : La formation spécifique n'a pas identifié d'étude destinée à évaluer les expositions dans le contexte de l'évolution des pratiques

**Conclusion** : Maintenir la recommandation en l'état.

**5.1.5.** « Tenir compte du coût des équipements de protection individuelle et collective (respect des prescriptions de renouvellement de matériel, respect des normes de qualité quand elles sont explicites) dans les analyses technico-économiques utilisées pour étayer les choix techniques ; conduire des études technico-économiques intégrant ces coûts chaque fois que nécessaire. »

**Constat** : Les rares études produites sur le sujet l'ont été dans des contextes agricoles des pays du Sud. Elles soulignent l'écart entre les prescriptions relatives aux équipements de protection – notamment individuelles – et les pratiques des opérateurs et des travailleurs concernés, en particulier du fait du coût des équipements. La formation spécifique n'a pas identifié d'études de ce type concernant la France ou l'Europe dans sa recherche bibliographique.

**Conclusion** : Maintenir la recommandation en l'état.

**5.2.** « Produire des données sur les expositions considérant la diversité des personnes exposées en soutenant le développement d'études indépendantes »

**5.2.1.** « Créer et rendre accessibles des données sur toutes les catégories de personnes travaillant dans les exploitations agricoles, de manière suivie au cours du temps : nombre et caractéristiques des travailleurs (main-d'œuvre familiale, salariés permanents et non permanents, salariés des prestataires de service, stagiaires...) »

**Constat** : La formation spécifique n'a pas identifié d'étude répondant à cette recommandation.

**Conclusion** : Maintenir la recommandation en l'état.

**5.2.2.** « Documenter avec précision les niveaux de contamination et les déterminants de l'exposition dans des situations (cultures/élevages, tâches) aujourd'hui non étudiées en France à l'aide d'études de terrain indépendantes. Préciser les spécificités des circonstances d'exposition pour les différentes catégories de personnes travaillant dans l'agriculture »

**Constat :** Au travers de la recherche bibliographique menée, la FS a identifié très peu de nouvelles données d'exposition dans la littérature internationale. La majorité des études provenaient de pays à faible revenu ou à revenu intermédiaire en Asie, indiquant une production de données croissante en Asie, et non en Amérique du Nord et en Europe. Les études se sont principalement concentrées sur l'utilisation de pesticides dans les cultures, bien que certaines aient exploré des expositions spécifiques telles que la proximité d'autres applicateurs, l'enrobage des semences. Les méthodes d'évaluation de l'exposition comprenaient des études de terrain, des comparaisons avec des modèles européens d'évaluation de l'exposition des opérateurs (AOEM), et des simulations probabilistes basées sur des données de résidus dans l'alimentation. Les résultats ont révélé des lacunes dans les modèles existants et des niveaux variables d'exposition selon les substances et les scénarios d'utilisation. En particulier, certaines études ont montré des dépassements des valeurs de sécurité pour les travailleurs, mettant en évidence des risques pour leur santé. Seulement deux études indépendantes ont été menées en France. L'une concerne les vignes et l'autre la pomiculture. Aussi les situations identifiées comme mal documentées par le GT ANSES en 2016 n'ont pas été investiguées en France.

De plus, les études récentes sur l'exposition professionnelle aux pesticides comportent des informations souvent sommaires sur les circonstances d'exposition, se concentrant sur les pratiques de travail et les conditions expérimentales. Concernant le port et l'efficacité de vêtements de protection, l'utilisation du terme « équipement de protection individuelle » (EPI) varie d'un auteur et d'un pays à l'autre, entraînant une confusion sur sa signification précise. Sur les 13 articles qui se concentrent sur la protection individuelle, seulement 2 traitent de la protection respiratoire malgré une augmentation des mesures d'exposition par inhalation sur le terrain. Quant à l'efficacité des EPI, elle est généralement évaluée en laboratoire et en conditions contrôlées. Ces recherches en laboratoire mettent en évidence la dégradation de la protection avec l'usure et soulignent l'importance de maintenir les EPI en bon état. De plus, les conditions environnementales, telles que la chaleur et l'humidité, peuvent influencer l'efficacité des EPI, notamment la perméation à travers les gants de protection chimique. Une compilation de données agrège les performances des vêtements de protection et des gants, montrant une faible migration des pesticides à l'intérieur des EPI, bien que des variations importantes existent entre les matériaux. Les activités de réentrée sur les parcelles traitées soulèvent des questions sur la nécessité et la possibilité du port continu des EPI et sur la durée appropriée de leur utilisation. Des études de terrain montrent que certaines combinaisons en coton ou en tissu enduit offrent une protection adéquate, mais leur compatibilité avec les tâches devant être réalisées par celles et ceux qui les portent est un facteur important à considérer. L'accent est mis sur la nécessité de prendre en compte le confort des travailleurs et la durabilité de la protection lors de la conception et de l'utilisation des EPI. Toutefois, l'adéquation entre les évaluations en laboratoire et les conditions réelles d'utilisation est encore manquante.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en préconisant un soutien à la recherche académique par des appels à projets clairement identifiés et récurrents. Ajouter une recommandation relative à la nécessaire accentuation de l'effort de recherche sur les expositions professionnelles indirectes, encore trop peu étudiées.

**5.2.3.** « Documenter notamment les expositions dans des populations présentant des circonstances d'exposition particulière et/ou une sensibilité particulière vis-à-vis de certains risques de santé »

**Constat :** Au travers de la recherche bibliographique menée, la FS n'a identifié que peu d'études d'exposition sur des populations sensibles. Les travaux identifiés portaient sur des adolescents et des travailleurs illettrés dans divers pays, dans des publications soulignant l'urgence de réglementations et de pratiques de sécurité plus adaptées pour protéger les populations vulnérables. Les populations sensibles n'ont pas fait l'objet de recherche (enfants, personnes âgées, femmes enceintes), de même que certaines situations physiologiques spécifiques (comme les conditions climatiques marquées par une forte chaleur ou l'humidité). Plusieurs travaux identifiés en SHS portent sur des salariés agricoles, des migrants (hommes et femmes) ayant des statuts précaires, ou des petits agriculteurs et agricultrices travaillant dans les pays du Sud et dans des cultures très intensives en pesticides et analysent leurs connaissances de leurs expositions et/ou leurs attitudes vis-à-vis des risques. Deux publications en anthropologie ont été identifiées portant sur les connaissances qu'ont des femmes salariées migrantes enceintes de leurs expositions et des conséquences possibles sur leurs enfants à venir travailler dans des cultures très intensives en pesticides et dans des conditions très dégradées (fraises en Californie, tabac au Mexique). Bien que ces travaux aient bien souvent été menés dans des contextes assez différents des contextes français, les transformations actuelles de l'emploi dans l'agriculture française renforcent la nécessité de documenter les expositions des publics vulnérables.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.2.4.** « Documenter la combinaison des expositions aux pesticides (phytopharmaceutiques, biocides, vétérinaires) à l'échelle de l'individu, au cours d'une saison, et au cours d'une carrière professionnelle, par exemple à l'aide de panels de différentes catégories de personnes travaillant dans l'agriculture (chefs d'exploitations, conjoints, salariés, stagiaires, salariés d'entreprise de traitement, techniciens...) régulièrement interrogées sur la nature des produits qu'elles utilisent et/ou avec lesquels elles sont en contact »

**Constat :** Il n'a pas été trouvé d'élément nouveau dans la littérature scientifique sur la question des expositions aux différentes catégories de pesticides. Les expositions professionnelles aux biocides et aux produits vétérinaires restent largement méconnues (pas d'étude identifiée).

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.



### **5.3. « Favoriser l'accessibilité, la centralisation et la capitalisation des informations sur les expositions aux pesticides »**

**5.3.1.** « Favoriser l'exploitation des données existantes telles que celles du recensement agricole ou des enquêtes « pratiques agricoles » et les travaux méthodologiques permettant d'intégrer des paramètres pertinents pour une documentation des expositions des individus »

**Constat :** Il n'a pas été trouvé d'élément nouveau dans la littérature scientifique sur cette question. Cependant des données existent potentiellement dans la littérature grise, qui n'a pas été investiguée dans ce sens par la FS. Notamment la FS n'a pas interrogé les organismes producteurs de données socio-démographiques sur la population agricole.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.3.2.** « Pour ce faire, faciliter l'accès aux statistiques publiques (statistiques agricoles, population...), notamment pour les organismes de recherche, les associations et les partenaires sociaux travaillant sur les expositions aux pesticides agricoles, selon les dispositions réglementaires et techniques adaptées à chaque catégorie, et réduire le coût de mise à disposition de ces données »

**Constat :** Il n'a pas été trouvé d'élément nouveau dans la littérature scientifique sur cette question. Cependant des données existent potentiellement dans la littérature grise, qui n'a pas été investiguée dans ce sens par la FS.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.3.3.** « S'assurer que les organismes ayant des délégations de service public restituent aux services de l'État les informations permettant de documenter les expositions aux pesticides »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investiguée cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.3.4.** « Veiller au respect de la législation pour garantir aux experts autorisés l'accès aux données couvertes par le secret industriel lorsque des questions de santé publique sont en jeu (notamment article L. 1313-2. du code de la santé publique) »

**Constat :** Le constat de difficulté d'accès aux données couvertes par le secret est renforcé. Selon l'article L. 1313-2 du code de la santé publique non modifié, l'ANSES accède « à sa demande » et en préservant leur confidentialité, aux informations nécessaires à l'exercice de ses missions sans que puisse lui être opposé « le secret professionnel ou le secret des affaires ». Dès lors que le règlement 1107/2009 fait peser sur les entreprises la charge de la preuve des effets des substances, ces entreprises investissent dans la réalisation des essais et produisent des données couvertes par le secret. La question se pose de savoir comment l'ANSES peut s'assurer de l'existence de données par définition secrètes. L'accès aux données n'a donc pas été facilité.

**Conclusion :** Renforcer la recommandation.

**5.3.5.** « Rendre accessible au public sur un site informatique l'ensemble des fiches de données de sécurité, avec l'ensemble des informations concernant la prévention des risques, pour les produits phytopharmaceutiques et les biocides, Actualiser ces données à chaque modification des produits et fournir les informations de base des produits mis sur le marché (liste des produits, composition, usages autorisés, doses homologuées, caractéristiques toxicologiques et écotoxicologiques) »

**Constat :** Question non investiguée par la FS.

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.3.6.** « Créer, en France un dispositif de veille centralisant et capitalisant les informations scientifiques, techniques et réglementaires sur les expositions pour tous les pesticides (produits phytopharmaceutiques, biocides, médicaments vétérinaires), et les mettant à disposition du public – dispositif comprenant notamment l'actualisation périodique rendue publique de la revue de littérature sur la France réalisée par le GT, les données météorologiques internationales, les résultats d'évaluation de différents types d'interventions en matière de prévention »

**Constat :** Un tel dispositif n'existe toujours pas aujourd'hui en France. Les informations sur les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture ne sont ni capitalisées ni rendues accessibles. Il existe d'autres domaines de santé professionnelle où de telles bases de veille bibliographiques ont été créées, rassemblant la littérature grise (données d'hygiène industrielle aux postes de travail et la littérature scientifique). C'est notamment le cas pour l'amiante et les fibres minérales artificielles avec la base EVALUTIL accessible en ligne (<https://www.santepubliquefrance.fr/docs/base-de-donnees-ev-lutil.-evaluation-des-expositions-professionnelles-aux-fibres>).

Au travers des auditions, il a été annoncé par le MASA que le recueil obligatoire des données d'utilisation des produits phytopharmaceutiques sur les exploitations agricoles devrait être informatisé et centralisé. La Mutualité Sociale Agricole a annoncé une étude sur les pratiques fin 2023 ou 2024 (enquête dite décennale).

D'autre part, l'ANSES, dans son avis de mai 2023 concernant une autosaisine sur « Evaluation des risques pour la santé humaine et l'environnement et recommandations pour leur maîtrise, dans le cadre de l'administration des médicaments vétérinaires antiparasitaires externes (APE) sous forme de bains, douches et pulvérisations en élevages de ruminants » indique un certain nombre de recommandations dont trois d'entre elles rejoignent les besoins identifiés pour les pesticides appartenant aux Produits PhytoPharmaceutiques. Ces trois recommandations sont : i) Organiser la collecte, sur un échantillon représentatif des élevages, des informations présentes dans les registres d'élevage afin de mieux documenter les usages, fréquences, conditions d'application (bains fixes ou mobiles, douches, pulvérisations...), personnes concernées par les traitements, etc. ; ii) Étudier la possibilité de mise en place d'une étude sur les pratiques d'élevage s'inspirant des études pratiques culturelles conduites dans les différents systèmes de culture depuis de nombreuses années. Ces études documentent notamment les usages d'intrants ; et iii) Produire des mesures d'exposition des éleveurs et techniciens agricoles lors des

traitements APE et des expositions indirectes lors de contacts avec les animaux traités en suivant les recommandations OCDE (OCDE 1997, 2002; EFSA 2010) pour les mesures d'exposition aux pesticides et en s'inspirant des études conduites par l'agence *Health and Safety Executive* (HSE) en Grande Bretagne

**Conclusion :** Maintenir la recommandation. Un dispositif de veille apparaît réalisable et devrait être étendu à certains médicaments vétérinaires (antiparasitaires externes par exemple) et à certains biocides utilisés en agriculture. Il requiert essentiellement des moyens humains et pourrait être établi par une collaboration entre une agence d'État (ANSES, SPF) et un ou plusieurs organismes de recherche et répondrait pour certains médicaments vétérinaires à ce même besoin. Recommander en outre l'accessibilité des données d'utilisation des pesticides à partir de la base informatisée prévue par le MASA et des études décennales de la MSA. Renforcer la périodicité des études.

**5.3.7.** « Développer une collaboration internationale permettant de mutualiser une veille scientifique pluridisciplinaire sur les expositions professionnelles aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture »

**Constat :** Une telle veille scientifique n'existe pas davantage à l'échelle internationale.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état, en veillant à ce que cette veille soit réalisée par des experts des disciplines concernées.

**5.4.** « Évaluer et agir sur l'environnement technique de l'exposition en intégrant les contraintes des utilisateurs »

**5.4.1.** « Créer un réseau associant différents types d'acteurs (praticiens, chercheurs...) dans une réflexion sur les conditions matérielles de l'exposition, en prenant en compte les contraintes des utilisateurs dans les conditions de terrain comme par exemple sur les possibilités d'évolution du matériel de pulvérisation. Mettre en place un système d'intervention pour adapter le matériel existant et tenir compte de l'avancée des connaissances dans ce domaine (meilleure accessibilité, mise à disposition de réserve d'eau claire, conception de cabines sécuritaires, choix des buses...) »

**Constat :** Les différents organismes auditionnés n'ont pas fait part de l'existence d'un tel réseau.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.4.2.** « Imposer aux fabricants de matériel de prendre en compte des déterminants des expositions dans les processus de conception, de développer des méthodes de co-conception et de simulation des activités d'usage des matériels dans les processus en amont de la conception afin d'améliorer les problèmes liés aux accès du pulvérisateur, aux réglages des équipements, à la maintenance, au nettoyage »

**Constat :** Les différents organismes auditionnés n'ont pas fait part de changement sur ce point. Phyteis a cependant mentionné dans sa réponse des modifications techniques sur les pulvérisateurs (système sécurisé de remplissage – *closed transfer system* –), une standardisation

des bouchons et la contribution à la mise au point de systèmes fermés normés. Si ces projets vont dans le bon sens, il reste qu'ils ne permettent de diminuer l'exposition que partiellement. Par ailleurs, ils sont pour certains développés depuis longtemps par l'industrie, sans être forcément adoptés sur le terrain.

**Conclusion :** La recommandation de 2016 peut être reconduite à l'identique et complétée. Ainsi, il convient d'imposer aux fabricants de matériel de prendre en compte des déterminants des expositions dans les processus de conception, de développer des méthodes de co-conception et de simulation des activités d'usage des matériels dans les processus en amont de la conception afin d'améliorer les problèmes liés aux accès du pulvérisateur, aux réglages des équipements, à la maintenance, au nettoyage.

**5.4.3.** « Proposer des schémas pour l'organisation de chantiers de traitement sur la base de l'analyse ergonomique pour tous les types de pesticides »

**Constat :** Les différents organismes auditionnés n'ont pas fait part de l'existence de tels schémas organisationnels.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.4.4.** « Évaluer, à l'aide d'études de terrain indépendantes et en conditions réelles, l'impact des changements technologiques (concernant notamment le matériel, les formulations de produits) en matière d'exposition des personnes travaillant en agriculture : par exemple l'usage des sachets dispersibles, les pompes doseuses, les incorporateurs, la conception des bidons.... »

**Constat :** L'agriculture est un secteur d'activité en pleine mutation. Elle connaît des évolutions majeures sur le plan technique, avec le déploiement de nouvelles technologies d'aide à la décision et de détection satellitaire visant à promouvoir une « agriculture de précision », et des innovations en matière de machinisme (tracteurs, pulvérisateurs, systèmes de transfert fermés faisant l'objet d'une norme - NF ISO 21191 - publiée en 2021). L'impact sur l'exposition de ces transformations n'est pas, ou très peu documenté en France et en Europe, ce qui empêche leur prise en compte dans les évaluations des risques mais aussi dans les politiques de prévention.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état et compléter sur le plan de la prévention. Cette dernière doit prendre en compte les effets connus en termes d'exposition des transformations techniques de l'agriculture.

**5.4.5.** « Évaluer, à l'aide d'études de terrain indépendantes et en conditions réelles, l'efficacité des équipements de protection vis-à-vis de l'exposition des personnes. Remettre en question la place accordée au port des EPI comme mesure d'atténuation de l'exposition dans l'homologation des pesticides, en particulier dans les situations où les études de terrain ont montré l'incompatibilité du port d'EPI avec les conditions concrètes de l'activité (par exemple le port de combinaisons lors de phases de réentrée) »

**Constat :** Les EPI conservent une place centrale dans l'évaluation et la prévention des risques professionnels liés aux pesticides.

**Conclusion :** Renforcer la recommandation. Il incombe aux autorités responsables de sensibiliser et d'informer les personnes travaillant en agriculture aux mesures pouvant être adoptées en amont du port d'EPI. Concernant ces derniers, au regard de la littérature disponible, la FS doute de la possibilité – du point de vue pratique et physiologique – d'imposer le port d'EPI pour toutes les tâches susceptibles d'exposer aux pesticides sur des périodes longues, en particulier les tâches de réentrée. La FS recommande de ne pas délivrer d'autorisation de mise sur le marché pour une spécialité commerciale si le risque n'est acceptable qu'avec le port d'un EPI pour ces tâches. La FS recommande de plus d'encourager les recherches pluridisciplinaires analysant ce que font les transformations en cours du secteur agricole aux possibilités de prévention des risques professionnels liés aux pesticides.

**5.4.6.** « Renforcer le contrôle du matériel de pulvérisation (entretien préventif, gestion des fuites, calibration et réglage du débit) mais aussi se servir du contrôle des pulvérisateurs comme une porte d'entrée pour mieux informer sur la question des expositions aux pesticides en fournissant une formation adéquate aux utilisateurs et aux contrôleurs de pulvérisateurs »

**Constat :** Le Groupe d'Intérêt Public « Pulvés » a été remplacé le 18 avril 2021 par l'OTC-Pulvé l'Organisme Central du Contrôle des Pulvérisateurs) sous la responsabilité de l'UTAC (Union Technique de l'Automobile, du Motorcycle et du Cycle – groupe privé français fondé en 1945), en convention avec le Ministère de l'Agriculture. L'UTAC, structure à présent multinationale, regroupe différents types de contrôles techniques (véhicules légers et lourds). Le contrôle n'est donc plus sous la responsabilité d'une structure publique et l'UTAC ne présente pas à l'heure actuelle de données spécifiques aux pulvérisateurs sur son site. Alors que les bilans de ces contrôles étaient rendus publics sur le site du GIP Pulvés, l'accès à ces bilans apparaît plus difficile désormais. Par ailleurs, la validité du contrôle est passée de 5 ans à 3 ans, mais le contrôle n'est toujours pas obligatoire au moment de la vente d'un pulvérisateur d'occasion.

**Conclusion :** Cette recommandation n'a pas été suivie d'action et même si la fréquence des contrôles a été augmentée, le transfert à l'UTAC ne va pas dans le sens d'une meilleure visibilité des résultats des contrôles ni dans celui d'une utilisation de ce moment pour une meilleure information sur l'exposition des usagers et des contrôleurs.

**5.4.7.** « Améliorer l'information sur la dangerosité des pesticides en clarifiant et évaluant la conformité et l'opérationnalité des fiches de données de sécurité, des RCP, des fiches techniques, des étiquettes présentes sur les contenants de pesticides, et des informations présentes sur les vêtements de protection »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.4.8.** « Interdire et sanctionner la diffusion d'informations visant à minimiser de façon trompeuse les dangers des produits »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

#### **5.5. « Réorganiser le conseil pour réduire les expositions aux pesticides »**

**5.5.1.** « Préciser les missions et les responsabilités des intervenants des différents dispositifs concernés par la prévention et la réduction des expositions aux pesticides des personnes travaillant dans l'agriculture »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

#### **5.5.2.** « Soutenir le développement d'actions de prévention par des organismes indépendants »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.5.3.** « Préciser les objectifs et indicateurs de résultats assignés à ces différents dispositifs, et évaluer ces résultats »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.5.4.** « S'assurer que toutes les catégories de personnes potentiellement exposées sont effectivement ciblées par ces actions de prévention quel que soit leur statut sur l'exploitation »

**Constat :** De profondes mutations sont en cours au sein de l'emploi agricole (érosion du modèle familial d'exploitation ; développement de l'agriculture de firme ; augmentation du salariat, en particulier précaire), et tendent à augmenter la diversité des personnes exposées et des employeurs qui ont des responsabilités en matière de prévention. Il n'existe pas à notre connaissance d'études sur les caractéristiques des actions de prévention des risques pesticides, de leur portée en termes de publics ciblés des actions ni de leur efficacité vis-à-vis des différents publics.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.5.5.** « S'assurer que tous les pesticides sont pris en compte dans les actions de prévention (produits phytopharmaceutiques, biocides et médicaments vétérinaires) et que la charge de l'intégration des prescriptions n'est pas reportée sur le seul utilisateur final »

**Constat :** Aucune évolution n'a été constatée sur ce point.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.5.6.** « Évaluer de façon rigoureuse les conséquences des situations de conflits d'intérêt économiques et leur impact sur la qualité des informations et du conseil délivré pour réduire les expositions des personnes travaillant sur les exploitations agricoles, pour les trois types de pesticides et dans les différents dispositifs (réseau de vendeurs, réseau des organismes de collecte...), et en tenir compte pour définir les missions et responsabilités des différents intervenants »

**Constat :** Une séparation de la vente des produits phytopharmaceutiques et du conseil phytosanitaire a été actée par la loi dite Egalim de 2018, et est mise en oeuvre depuis le 1er janvier 2021. Les micro-entreprises et les départements et régions d'Outre-Mer ont jusqu'au 31 janvier 2024 pour se conformer à cette obligation. Il n'existe pas à notre connaissance d'obligations équivalentes pour les produits vétérinaires et les biocides. Aucune étude des débuts de la mise en oeuvre de cette mesure n'a été identifiée par la FS.

**Conclusion :** Évaluer l'efficacité du changement de l'organisation du conseil pour les phytopharmaceutiques et vérifier la situation pour les biocides et les médicaments vétérinaires.

**5.5.7.** « Améliorer le soutien technique des conseillers en amont de leur activité. Dans un dispositif spécifique, ou comme composante d'un dispositif plus large, mettre en place un système de veille scientifique et technique et un lieu de partage des ressources utilisables, pour concevoir et mettre en oeuvre des mesures de prévention, accessibles à l'ensemble des conseillers (quelle que soit leur appartenance professionnelle) et à l'ensemble des personnes travaillant dans l'agriculture »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation.

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en oeuvre, il convient de la maintenir.

**5.5.8.** « Recenser les initiatives internationales d'aide à la décision pour les traitements pesticides, intégrant par exemple des indicateurs de risque (p. ex. : initiative IRPeQ au Québec). Réfléchir aux possibilités d'adaptation au contexte français dans le cadre d'une réflexion globale sur l'intérêt et les limites des stratégies de substitutions »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation.

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en oeuvre, il convient de la maintenir.

**5.6.** « Évaluer et améliorer la qualité des formations proposées sur les expositions professionnelles aux pesticides des personnes travaillant en agriculture »

**5.6.1.** « S'assurer que les moyens nécessaires pour le développement de formations sur les expositions aux pesticides sont mis en oeuvre par les établissements d'enseignement, dans tous les cycles de l'enseignement professionnel agricole »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation.

**Conclusion :** dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.6.2.** « Former l'ensemble des personnes travaillant dans l'agriculture aux risques des expositions pour la santé (effets à court et à long terme), et pas seulement une personne par exploitation (applicateur ou preneur de décision), de façon à inclure tous les utilisateurs et toutes les formes d'exposition (notamment en réentrée). Inclure tous les types de pesticides – produits phytopharmaceutiques, biocides, médicaments vétérinaires) »

**Constat :** Comme relevé dans le rapport de 2016, seuls sont concernés par les formations continues (Certiphyto) les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques. Le Certibiocide pour les professionnels qui utilisent des biocides a été rendu obligatoire depuis le 1er janvier 2015. Mais il existe des passerelles entre le Certiphyto et le Certibiocide qui en limitent la portée. Les utilisateurs de médicaments vétérinaires et les travailleurs exposés de manière indirecte ne bénéficient pas de formation spécifique, ni dans le cadre de Certiphyto ni dans le cadre du Certibiocide ni d'autres actions ciblées (réponse apportée par la MSA).

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.6.3.** « Confier ces formations à des organismes indépendants (n'ayant aucun intérêt commercial à la vente de pesticides) »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.6.4.** « Prendre en compte toute la variété des déterminants de l'exposition dans les dispositifs de formation existants (y compris Certiphyto) et donc inclure de façon systématique dans la formation sur les expositions des personnes la notion prioritaire de réduction d'usage avant le port des EPI »

**Constat :** La formation spécifique n'a pas investigué cette recommandation

**Conclusion :** Dans l'hypothèse où la recommandation n'aurait pas été mise en œuvre, il convient de la maintenir.

**5.6.5.** « Développer des formes de pédagogie intégrant les représentations des acteurs formés, comme des ateliers permettant des mises en situation, ou encore l'usage de « révélateurs » des expositions (par exemple simuler les expositions aux pesticides à l'aide de traceurs colorés). Mettre en place un dispositif permettant de mutualiser le matériel pédagogique »

**Constat :** Au vu de la littérature disponible, la FS doute de l'efficacité des formations descendantes actuellement dispensées en France, qui peuvent influencer les connaissances du risque mais n'ont que peu d'effets sur les pratiques. La revue de la littérature menée n'a identifié aucune étude sur des initiatives pédagogiques dans ce sens en France, alors qu'il en existe dans d'autres pays.



**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.6.6.** « Renforcer, étendre, et évaluer de façon systématique l'efficacité des formations financées par les fonds publics (évaluation précise de l'acquisition de connaissances, de l'impact sur les changements de pratique...), incluant la formation Certiphyto et la formation Certibiocide »

**Constat :** La FS n'a pas identifié de programme d'évaluation de la qualité des formations proposées (Certiphyto et Certibiocide).

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.6.7.** « Réviser les conditions d'attribution automatique du certificat Certiphyto suite à l'obtention de certains diplômes de l'enseignement agricole pour réserver cette procédure aux personnes dont il est avéré qu'elles ont reçu une formation à la prévention des expositions professionnelles aux pesticides en agriculture »

**Constat :** Aucune évolution sur ce point n'a été constatée.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.** « Ouvrir une réflexion interdisciplinaire sur l'évaluation des expositions dans la procédure de mise sur le marché des pesticides, y intégrer des données de sources diverses, rendre ces données publiques »

**5.7.1.** « Harmoniser les méthodes d'évaluation des expositions dans la procédure de mise sur le marché des trois types de pesticides utilisés en agriculture (phytopharmaceutiques, biocides et médicaments vétérinaires) et l'appliquer à l'ensemble des produits aujourd'hui sur le marché (y compris les médicaments vétérinaires anciens ou certains biocides qui n'ont pas été évalués avec les procédures actuelles) »

**Constat :** Aucun effort en ce sens n'a pu être relevé par la FS.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.2.** « Développer une réflexion indépendante sur l'estimation des expositions dans la procédure d'homologation pour intégrer l'expertise et les données de la recherche publique, par exemple, en créant des groupes de travail méthodologiques visant à proposer des améliorations au système actuel »

**Constat :** De nouvelles données sur les expositions professionnelles aux pesticides en agriculture ont été produites dans la littérature académique. A la demande de la Commission européenne, l'EFSA a lancé en 2022 un appel à données en vue d'actualiser les modèles utilisés pour estimer l'exposition des opérateurs et travailleurs de l'agriculture aux pesticides dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques. Il apparaît cependant que les États membres n'ont pas systématiquement relayé cet appel à données, ce qui ne permet pas de garantir que l'agence européenne ait eu connaissance de l'ensemble des données disponibles en la matière.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état. De plus, la FS propose une nouvelle recommandation (5.10.2.).

**5.7.3.** « S'assurer que les données d'exposition incluses dans les modèles d'exposition sont issues d'études ayant fait l'objet de publications scientifiques selon une procédure de relecture par des pairs »

**Constat :** Le modèle « opérateur » de l'EFSA ne s'appuie actuellement que sur des données provenant d'études menées par l'industrie des pesticides, et ces données ne sont que très partiellement disponibles dans la littérature scientifique. Les données du modèle « travailleur » n'ont donné lieu à aucune publication scientifique.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.4.** « Dans le choix des scénarii et la construction de modèles d'exposition pour la mise sur le marché des pesticides, associer les données produites par la recherche académique, les données de la statistique publique agricole, les données d'études de terrain afin d'affiner l'estimation des niveaux d'exposition et la connaissance des déterminants »

**Constat :** Qu'elles soient réalisées dans un contexte académique ou réglementaire, les enquêtes de terrain ne s'appuient ni sur la statistique agricole, ni sur des données de la Mutualité Sociale Agricole pour construire des échantillons représentatifs. L'intérêt qu'elles portent aux matériels est souvent limité aux cabines, parfois aux buses, mais beaucoup de nouveaux matériels restent peu étudiés du point de vue de leurs effets sur l'exposition professionnelle aux pesticides (outils d'aide à la décision, utilisation de données satellitaires...).

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.5.** « Au-delà de leur production par des études de terrain veiller à la manière dont les données d'exposition produites sont effectivement prises en compte dans l'évaluation du risque. S'interroger par exemple sur la pertinence d'exclure les valeurs d'exposition les plus hautes (au-delà du 75<sup>e</sup> ou du 90<sup>e</sup> percentile), ou encore de remplacer les données manquantes par des valeurs par défaut (exemple pour les résidus foliaires, ou encore pour les coefficients de transfert lorsqu'ils manquent pour une culture ou une tâche donnée) »

**Constat :** Aucune modification sur les méthodes employées n'a été identifiée.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.6.** « Revoir le mode de définition des délais de réentrée en se basant sur une évaluation des risques, comme c'est le cas dans certains pays comme le Canada, plutôt que sur le simple classement toxicologique comme c'est le cas actuellement »

**Constat :** Aucune modification sur les méthodes employées n'a été identifiée.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.7.** « Réaliser des enquêtes de terrain dans des échantillons représentatifs d'exploitations agricoles (ou valoriser des données d'enquêtes existantes) sur la diversité des matériels

effectivement mis en œuvre afin d'argumenter le choix des matériels pris en compte dans les scénarii servant à la modélisation des expositions »

**Constat :** Aucune modification sur les méthodes employées n'a été identifiée

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.8.** « Évaluer sur les modèles réputés « conservateurs » pour l'estimation des expositions des populations travaillant en agriculture représentent effectivement les situations réelles les plus défavorables en croisant les estimations qu'ils produisent avec des données de terrain (mesures et observations) »

**Constat :** Les quelques nouvelles données académiques confrontant leurs données d'exposition professionnelle aux pesticides avec les estimations des modèles utilisés dans le cadre réglementaire montrent que ces derniers ne sont pas systématiquement conservateurs.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.7.9.** « Prendre en compte dans la procédure de mise sur le marché les spécificités de certaines populations ayant des profils d'exposition particuliers (travailleurs précaires, salariés des entreprises de travaux agricoles...) »

**Constat :** La littérature analysée par la FS montre que certains profils jouent un rôle dans l'exposition (en particulier le nombre de jours total de traitement dans l'année, mais également des paramètres individuels comme l'âge, le poids ou les pathologies sous-jacentes). Néanmoins la diversité des caractéristiques des opérateurs et des travailleurs, décrites dans les études de terrain, ne sont toujours pas prises en compte dans les modèles.

**Conclusion :** Maintenir la recommandation en l'état.

**5.8.** « Ouvrir une réflexion sur la clarification et l'harmonisation des réglementations concernant les pesticides, incluant notamment les réglementations applicables à l'homologation et l'usage des pesticides, à la prévention des risques induits par les pesticides, à la reconnaissance des droits des personnes exposées en agriculture. Cette réflexion devra être conduite avec des spécialistes du droit et s'appuyer sur une démarche pluridisciplinaire permettant de discuter de l'opérationnalité des modifications envisagées »

**Constat :** Le corpus de règles européennes qui régissent les pesticides est extrêmement dense. Les seuls produits phytopharmaceutiques sont l'objet d'au moins quinze règlements européens, auxquels s'ajoutent une directive, des communications de la Commission qui publient les listes des normes techniques appliquées en phase de production des données par les industriels pour l'évaluation des demandes d'approbation et d'autorisation de mise sur le marché, et de nombreux documents guides dont certains sont publiés sur le site de la Commission tandis que d'autres le sont sur le site de l'EFSA. L'éparpillement et la multiplicité des sources normatives, les unes étant juridiquement contraignantes, les autres relevant du droit mou, sont tels qu'il est très difficile, en particulier en ce qui concerne les normes techniques, d'en dresser les contours. De plus, ce corpus normatif doit être articulé avec d'autres champs réglementaires dont la

réglementation européenne sur la santé et la sécurité au travail et celle portant sur les équipements de protection individuelle.

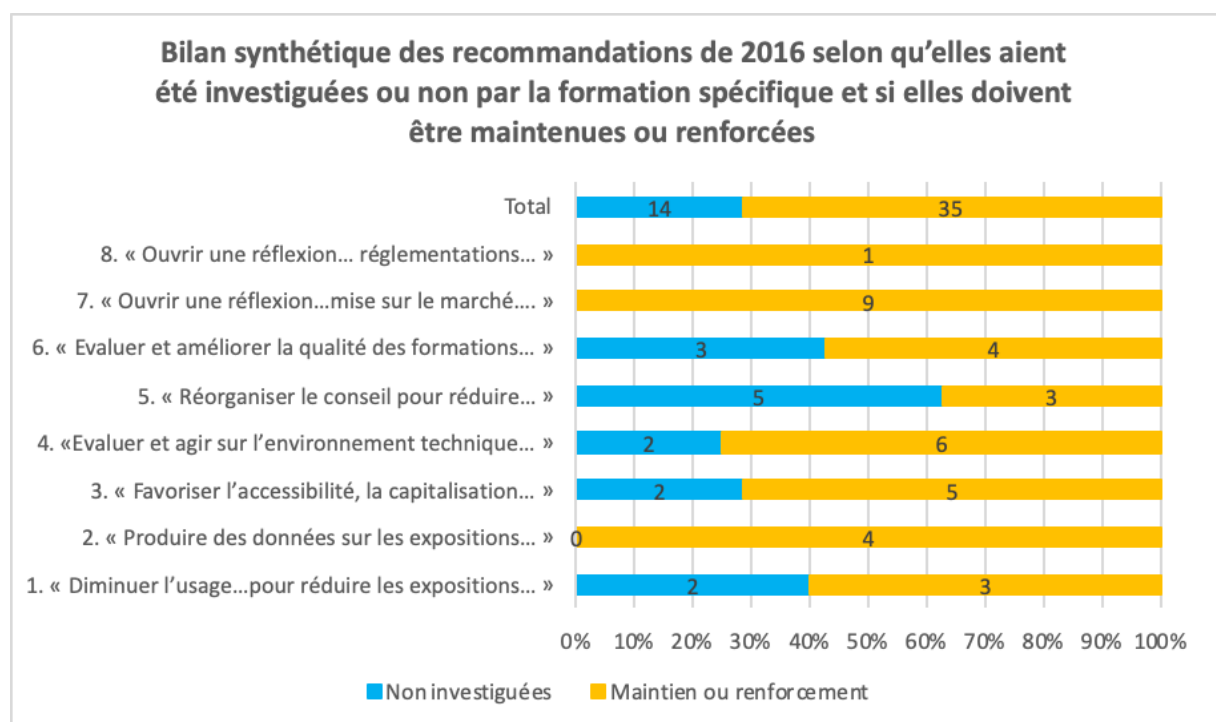
**Conclusion :** Renforcer la recommandation à l'identique en invitant l'Union européenne à clarifier les conditions d'insertion en droit européen des normes élaborées au sein d'organisations internationales telles que l'OCDE, l'Organisation européenne pour la protection des plantes (OEPP) et la FAO. Subordonner leur insertion en droit européen au respect des règles de gestion des conflits d'intérêts et de transparence applicables aux organismes de l'Union européenne.

Engager une réflexion interdisciplinaire sur la réforme du cadre réglementaire européen spécifique aux pesticides pour intégrer des mesures contraignantes de protection de la santé et de la sécurité au travail dans la réglementation sur les pesticides, conformément à l'objectif de protection de la santé humaine.

Engager une réflexion sur la mise en cohérence des règles juridiquement contraignantes et des normes techniques de *soft law* afin de clarifier l'ensemble du corpus de normes applicables tant en phase d'approbation que d'autorisation de mise sur le marché.

### 5.9. Conclusion sur les recommandations du rapport de l'ANSES de 2016

Au total, sur les 49 recommandations du rapport de l'ANSES de 2016, la FS a pu en investiguer 35 et a constaté que la mise en œuvre d'aucune d'entre elles ne peut être aujourd'hui considérée comme aboutie (voir figure ci-dessous). D'autre part, 14 recommandations n'ont pas été investiguées par la FS. Ces recommandations concernaient principalement l'organisation du conseil (5 recommandations) et la formation initiale ou continue (3 recommandations).



## **5.10. Recommandations supplémentaires :**

### **5.10.1. Établir un programme de soutien permanent aux recherches académiques sur la question des expositions professionnelles aux pesticides**

**Constat :** Les travaux de la FS montrent l'importance des lacunes concernant la connaissance des expositions pour les différentes catégories de pesticides, pour diverses populations de travailleurs, en tenant compte des diverses tâches exposantes, en métropole comme dans les DROMS. Ces connaissances sont pourtant essentielles aux procédures d'approbations des substances, au développement d'études scientifiques et à la mise en place de mesures de prévention pertinentes. De plus, l'obligation réglementaire européenne d'intégrer à terme dans les procédures d'autorisation des substances, aux côtés des données toxicologiques, des connaissances en conditions réelles chez l'humain (incluant des résultats d'études épidémiologiques) renforce la nécessité de disposer de connaissances précises et complètes sur les expositions des opérateurs et des travailleurs (ou professionnels agricoles).

La FS souligne également l'importance d'intégrer dans la production de nouvelles connaissances les évolutions du monde agricole, de combiner les visions de diverses disciplines et d'être vigilant à l'absence de liens d'intérêts des structures produisant ces données.

Si la production de nouvelles données a été recommandée dès les travaux du groupe de travail de l'ANSES en 2016, le très faible nombre de nouvelles études sur les expositions professionnelles en France depuis cette date témoigne d'une absence de soutien de cette recherche. Ceci peut s'expliquer notamment par des difficultés de financement sur ces questions. Les travaux de la FS ont identifié des failles dans le soutien à ces recherches : elles ne sont pas soutenues explicitement par la MSA, il n'existe plus de thématique « pesticides » individualisée dans l'appel à projets de recherche de l'ANSES (regroupement avec les autres substances chimiques) et cet organisme a essentiellement soutenu des projets concernant l'exposition de la population générale. Les appels à projets du plan ECOPHYTO sont majoritairement tournés vers les questions agronomiques et les alternatives aux pesticides, et ne comportent que de manière sporadique les questions des impacts, en particulier celles des expositions professionnelles et de la santé des travailleurs.

Ainsi à ce jour, aucune agence, ministère ou institution publique n'a de priorité établie sur ce domaine de recherche et ne le soutient. Seul l'INRS soutient certaines demandes spécifiques concernant l'aspect réglementaire des équipements de protection et du matériel (efficacité filtre cabine), sans toutefois s'engager dans des études de terrain.

**Conclusion :** La FS recommande l'établissement d'un appel d'offres annuel récurrent sur la question des expositions aux pesticides des travailleurs agricoles, permettant de stimuler des recherches sur la connaissance des niveaux des expositions et de leurs déterminants, dans une vision pluridisciplinaire.

### **5.10.2. Optimiser la collaboration entre les agences réglementaires et le milieu académique**

**Constat :** La FS a constaté la nécessité d'améliorer les modalités d'appels à données lancés par l'EFSA. En effet, ces appels à données ne sont ni diffusés vers les équipes académiques ni relayés par l'ANSES en France alors que l'EFSA considère que la diffusion de ces appels doit revenir aux Etats Membres. Une meilleure diffusion de ces appels à données permettrait de favoriser l'intégration des données issues d'études académiques dans la réflexion en vue d'améliorer l'estimation de l'exposition dans le cadre de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides.

**Conclusion :** La réglementation prévoit que le processus d'approbation notamment en post-AMM doit être au plus près des connaissances scientifiques. Il serait donc nécessaire d'organiser, au-delà des appels à données précédemment évoqués et de la présence d'experts du monde académique dans les processus d'évaluation des dossiers, des modalités d'échanges scientifiques entre la recherche académique et les agences réglementaires.

## Références

- Ansaloni, Matthieu, Andy Smith. 2017. « Des marchés au service de l'État ? ». *Gouvernement et Action Publique* 6(4): 9-28. <https://doi.org/10.3917/gap.174.0009>.
- Bogelot, Paul et L. G. Torau. 1916. *Législation des substances vénéneuses*. Paris: Librairie du droit usuel.
- Bosso, Christopher J. 1987. *Pesticides And Politics. The Life Cycle of a Public Issue*. University of Pittsburgh Press.
- Boudia, Soraya. 2014. « Managing Scientific and Political Uncertainty Environmental Risk Assessment in a Historical Perspective ». In *Powerless Science?: Science and Politics in a Toxic World*, édité par Soraya Boudia et Nathalie Jas, 95-112. Berghen Books.
- Bresson, Morgane, Mathilde Bureau, Jérémie Le Goff, Yannick Lecluse, Elsa Robelot, Justine Delamare, Isabelle Baldi, et Pierre Lebailly. 2022. « Pesticide Exposure in Fruit-Growers: Comparing Levels and Determinants Assessed under Usual Conditions of Work (CANEP Study) with Those Predicted by Registration Process (Agricultural Operator Exposure Model) ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19 (8): 4611. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084611>.
- Bureau, Mathilde, Béatrix Béziat, Geoffroy Duporté, Valérie Bouchart, Yannick Lecluse, Emmanuelle Barron, Alain Garrigou, et al. 2022. « Pesticide Exposure of Workers in Apple Growing in France ». *International Archives of Occupational and Environmental Health* 95 (4): 811-23. <https://doi.org/10.1007/s00420-021-01810-y>.
- Chester, Graham. 1993. « Evaluation of agricultural worker exposure to, and absorption of, pesticides ». *The Annals of Occupational Hygiene* 37 (5): 509-24. <https://doi.org/10.1093/annhyg/37.5.509>.
- Daniel, Pete. 2005. *Toxic Drift: Pesticides and Health in the Post-World War II South*. Louisiana State University Press.
- Depeyrot, Jean-Noël, Axel Magnan, Dominique-Anne Michel, et Laurent, Catherine. 2019. « Emplois précaires en agriculture ». *Notes et études socio-économiques*, Centre d'études et de prospective, ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, Paris, 45: 7-56.
- EFSA, (European Food Safety Authority). 2014. « Guidance on the Assessment of Exposure of Operators, Workers, Residents and Bystanders in Risk Assessment for Plant Protection Products ». *EFSA Journal* 12 (10): 3874. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3874>.
- EFSA, (European Food Safety Authority), Agathi Charistou, Tamara Coja, Peter Craig, Paul Hamey, Sabine Martin, Olivier Sanvido, Arianna Chiusolo, Mathilde Colas, et Frédérique Istace. 2022. « Guidance on the Assessment of Exposure of Operators, Workers, Residents and Bystanders in Risk Assessment of Plant Protection Products ». *EFSA Journal* 20 (1): e07032. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7032>.
- Elyakime, Bernard. 2007. « Groupement d'employeurs agricoles : quelle aide publique locale ? » *Revue d'Économie Régionale & Urbaine* décembre (5): 861-80. <https://doi.org/10.3917/reru.075.0861>.
- Espanhol-Soares, Melina, Manuela Teodoro de Oliveira et Joaquim Gonçalves Machado-Neto. 2017. « Loss of effectiveness of protective clothing after its use in pesticide sprays and its multiple washes ». *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*: 14 (2): 113-123. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1225159>

- European Commission. 2001. « Evaluation of the active substances of plant protection products (submitted in accordance with Article 8(2) of Council Directive 91/414/EEC on the placing of plant protection products on the market) ». COM/2001/0444 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52001DC0444>.
- Forget, Vanina, Bruno Héroult, Jean-Noël Depeyrot, Muriel Dahé, Estelle Midler, Mickaël Hugonnet, et Raphaël Beaujeu. 2019. « Actif'Agri : transformations des emplois et des activités en agriculture ». *Analyse du Centre d'Etudes et de Prospective*, no 145: 1-8.
- Fréconon, Béatrice, Jean-Marie Marx, et Nicolas Petit. 2021. « Nouvelles formes de travail en agriculture ». CGAAER.
- Garrigou, A., C. Laurent, I. Baldi, A. Berthet, C. Colosio, V. Daubas-Letourneux, L. Galey, et al. 2021. « Response from the Authors of the Article “Critical Review of the Role of Personal Protective Equipment (PPE) in the Prevention of Risks Related to Agricultural Pesticide Use” to the Letter to the Editor from the European Crop Protection Association (ECPA) Occupational and Bystander Exposure Expert Group (OBEEG) ». *Safety Science* 138 (juin): 105191. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105191>.
- Garrigou, A., C. Laurent, A. Berthet, C. Colosio, N. Jas, V. Daubas-Letourneux, J.-M. Jackson Filho, et al. 2020. « Critical Review of the Role of PPE in the Prevention of Risks Related to Agricultural Pesticide Use ». *Safety Science* 123. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104527>.
- Ginelli, Ludovic, Jacqueline Candau, Agossè Nadège Degbello et Camille Noûs. 2021. « Pouvoir parler des pesticides ? Une recherche-action pour éprouver les capacités des travailleurs viticoles (Gironde, France) ». *Vertigo* 21(3). <https://doi.org/10.4000/vertigo.33921>.
- Guilleux, A., Le Roy, D., Chabanne, N., Zimmerman, F., et Berlioz, B. 2022. « Gants et vêtements de protection contre les produits phytopharmaceutiques : réorienter la normalisation ». *Hygiène et sécurité du travail* 269.
- Jouzel, Jean-Noël. 2019. *Pesticides, comment ignorer ce que l'on sait ?* Paris: Presses de Sciences Po.
- Laurent, Catherine, Isabelle Baldi, Gérard Bernadac, Aurélie Berthet, Claudio Colosio, Alain Garrigou, Sonia Grimbuhler, et al. 2016. « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture ». Rapport d'expertise collective Autosaisine n°2011-SA-0192. ANSES. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011SA0192Ra.pdf>.
- Laurent, Catherine, Nathalie Jas, Pierre Labarthe, et Agnès Labrousse. 2023. « Evaluer le conseil relatif à la prévention des risques professionnels dans les exploitations agricoles pour produire quelles connaissances ? De la pertinence sociale des preuves. Rapport Final. »
- Laurent, Catherine, Axel Magnan. 2023 à paraître. « Entre dérive institutionnelle et construction d'ignorance : les méandres du dénombrement des personnes travaillant dans l'agriculture française et potentiellement exposées aux pesticides ». In *Exposition aux pesticides. Ce qu'en disent les sciences humaines et sociales*, édité par Fabienne Goutille, Jacqueline Candau, Elizabeth Lambert. Paris: Editions Octarès.
- Laurent, Catherine, Geneviève Nguyen. 2022. « Innovation in Labour Organisation and Social Conditionality: Implications for Farm Advisory Services ». *EuroChoices* 21(1):56-62. 10.1111/1746-692X.12350.



- Magnan, Axel. 2022. « Le développement du salariat précaire dans l'agriculture française : une approche d'économie institutionnelle ». Phdthesis, Université Paris-Saclay. <https://pastel.hal.science/tel-03698463>.
- Magnan, Axel, et Catherine Laurent. 2023. « Changement institutionnel et rapport social d'activité : le cas du salariat précaire en agriculture ». In *Théorie de la régulation. Un nouvel état des savoirs*. Paris: Dunod. <https://www.dunod.com/entreprise-et-economie/theorie-regulation-un-nouvel-etat-savoirs>.
- Mandic-Rajcevic, Stefan, Federico Maria Rubino, Giorgio Vianello, Lorenzo Fugnoli, Elisa Polledri, Rosa Mercadante, Angelo Moretto, Silvia Fustinoni, et Claudio Colosio. 2015. « Dermal Exposure and Risk Assessment of Tebuconazole Applicators in Vineyards ». *La Medicina Del Lavoro* 106 (4): 294-315.
- Moreau, Claude, H. Bouron, L. Kern, P. Fabre, P. Pelissier. 1969. *La réglementation française des pesticides agricoles. recueil des textes législatifs et réglementaires les concernant, à jour en janvier 1969*. Paris: Fédération nationale des groupements de protection des cultures.
- Montrie, Chad. 2018. *The Myth of Silent Spring. Rethinking the Origins of American Environmentalism*. Berkeley: University of California Press. <https://www.ucpress.edu/book/9780520291348/the-myth-of-silent-spring>.
- MSA, Mutualité Sociale Agricole. 2021a. *Plan Santé Sécurité au Travail en Agriculture 2021 – 2025*. Infographie. [https://ssa.msa.fr/wp-content/uploads/2021/12/MSA\\_Plaquette\\_plan\\_SST\\_2021-25-v4.pdf](https://ssa.msa.fr/wp-content/uploads/2021/12/MSA_Plaquette_plan_SST_2021-25-v4.pdf)
- MSA, Mutualité Sociale Agricole. 2021b. « Le Plan Santé Sécurité au Travail en Agriculture 2021 - 2025 ». <https://ssa.msa.fr/document/plan-sante-securite-au-travail-en-agriculture-2021-2025/>.
- Muñoz, Jorge. 2022. « Changement institutionnel et rapport social d'activité : le cas du salariat précaire en agriculture ». In *Entre management et santé au travail, un dialogue impossible ?*, édité par Quentin Durand-Moreau et Gérard Lasfargues, 7-102. Erès. <https://doi.org/10.3917/eres.duran.2022.01.0079>.
- Nash, Linda. 2004. « The Fruits of Ill-Health: Pesticides and Workers' Bodies in Post-World War II California ». *Osiris* 19 (1): 203-19. <https://doi.org/10.1086/649402>.
- Néraud, Lucienne. 2009. *Le mouvement des ouvriers agricoles mexicains et mexicains-américains au Texas (1966-1986)*. Presses universitaires de la Méditerranée. <https://hal.science/hal-03187000>.
- OECD. 1997. « Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application ». [https://one.oecd.org/document/ocde/gd\(97\)148/en/pdf](https://one.oecd.org/document/ocde/gd(97)148/en/pdf).
- Organisation internationale de normalisation. 2017. ISO 27065:2017. «Protective clothing — Performance requirements for protective clothing worn by operators applying pesticides and for re-entry workers». Geneva, Switzerland. Available at: <https://www.iso.org/standard/65660.html>.
- Organisation internationale de normalisation. 2019. ISO 27065:2017/Amd 1:2019. «Protective clothing — Performance requirements for protective clothing worn by operators applying pesticides and for re-entry workers, Amendement 1 : Produit chimique de substitution d'essai». Geneva, Switzerland. Available at: <https://www.iso.org/fr/standard/76607.html>.

- Organisation internationale de normalisation. (2019) ISO 18889: 2019 «Protective gloves for pesticide operators and re-entry workers –Performance requirements». Geneva, Switzerland. Available at: [https:// www.iso.org/standard/63673.html](https://www.iso.org/standard/63673.html).
- Perrot, Emile (ed.). 1948. Manuel de Phytopharmacie. Tome 1. Paris: Masson.
- Purseigle, François, et Bertrand Hervieu. 2022. Une agriculture sans agriculteurs La révolution indicible. Paris.
- Roux, Nicolas. 2023. « Sur le travail insoutenable : ouvrières d’un groupement d’employeurs agricole ». *Économie rurale* 385 (3): 83-100.
- Sellers, Christopher C. 1997. *Hazards of the Job: From Industrial Disease to Environmental Health Science*. Chapel Hill: The University of North Carolina Press.
- Shaw, Anugrah et Paul Schiffelbein 2016a. «Protective clothing for pesticide operators: part I – selection of a reference test chemical for penetration testing». *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 22 (1): 1–6. <http://dx.doi.org/10.1080/10803548.2015.1071926>.
- Shaw, Anugrah et Paul Schiffelbein. 2016b. « Protective clothing for pesticide operators: part II – data analysis of fabric characteristics ». *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*: 22 (1): 7-11. <https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1071927>.
- Shaw, Anugrah, Catherine Pallen, Julien Durand-Réville, Olivier Briand et Hamilton Ramos. 2018. «Protective clothing for pesticide: Development of a databaseto validate ISO 27065 test chemical». *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 13: 103-111. <https://doi.org/10.1007/s00003-018-1151-3>.
- Shaw, Anugrah, Olivier Briand, Michel Urtizbera, Julien Durand-Réville et Clotilde Bois-Marchand. 2021. «PPE for pesticide operators and reentry workers: achievements in France through national and international collaborations». *CABI reviews* 16:25. <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202116025>.
- Thouvenin, Isabelle, Françoise Bouneb, et Thierry Mercier. 2017. « Operator Dermal Exposure and Protection Provided by Personal Protective Equipment and Working Coveralls during Mixing/Loading, Application and Sprayer Cleaning in Vineyards ». *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*: JOSE 23 (2): 229-39. <https://doi.org/10.1080/10803548.2016.1195130>.
- Washburn, Rachel. 2019. « Conceptual Frameworks in Scientific Inquiry and the Centers for Disease Control and Prevention’s Approach to Pesticide Toxicity (1948–1968) ». *American Journal of Public Health* 109 (11): 1548-56. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2019.305260>.
- Whorton, James C. 1974. *Before Silent Spring: Pesticides and Public Health in Pre-DDT America*. Princeton: Princeton University Press.
- Wong, Hie Ling, David G. Garthwaite, Carmel T. Ramwell, et Colin D. Brown. 2018. « Assessment of Exposure of Professional Agricultural Operators to Pesticides ». *The Science of the Total Environment* 619-620 (avril): 874-82. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.127>.

## **Annexe 1 : liste des personnes et organismes auditionnés**

**Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail :** Henri Bastos (Directeur scientifique santé travail), Laetitia Dubois (Directrice du financement de la recherche et de la veille scientifique) et Thierry Mercier (Directeur de l'évaluation des produits réglementés).

**Caisse centrale de la Mutualité Sociale Agricole :** Gérard Bernadac (médecin conseiller technique national), Magalie Cayon (Direction Santé sécurité au travail), Patrice Heurtaut (Médecin du travail national adjoint), David Mussard (médecin conseiller technique national), Hugues Pollastro (directeur de la communication), Bernard Salles (Président du Conseil scientifique) et Jean-Marc Soulat (Médecin national).

**Bureau de la Normalisation Textile-Habillement :** Laurent Houillon

**European Food Safety Authority :** Flavio Fergnani (External Relations Officer) et Manuela Tiramani (Pesticides Peer Review Unit).

**Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire :** Jérôme Cauët (Bureau des relations et des conditions de travail en Agriculture), Olivier Cunin (Sous-directeur du travail et de la protection sociale), Olivier Prunaux, (Bureau des intrants et du biocontrôle à la Direction générale de l'alimentation) et Matthis Roussel (Bureau des relations et des conditions de travail en agriculture).

**Ministère du Travail, du Plein Emploi et de l'Insertion :** Anne Audic (Direction générale du travail), Gilbert De Stefano (Direction générale du travail), Christel Lamouroux (Direction générale du travail) et Pierre-Yves Martel (Direction générale du travail).

## Annexe 2 : tableaux récapitulatifs de la littérature disponible

Tableau récapitulatif de la littérature en épidémiologie-expologie

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
An X	2014	Risk assessment of applications to chlorpyrifos through dermal contact and inhalation at different maize plant heights in China	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par Twelve Year National Scientific and Technological Project	Chine (Shaoxing, province de Zhejiang)	Selon l'OMS, il y a minimum 3 millions d'incidents d'empoisonnement aux pesticides annuels dans le monde, et environ 30 000 personnes sont mortes chaque année en Asie dans les zones rurales en raison d'un empoisonnement. En Chine, l'application de	Mai à Juin 2012	Maïs (champs de 100 m x 100 m; Densité de plantation de 0.4 x 0.2 m) Champs divisés en 10 parcelles de 8 x 100 m avec 20 lignes de maïs	3 hauteurs de Maïs différentes : 61.8 cm (A1), 108 cm (A2) et 212 cm (A3) - 2 ingénieurs responsables du rangement du matériel d'application et de la supervision du procédé d'application durant toute l'application (pas de donnée si ils sont en contact direct avec les pesticides) - 5 technicien	Décapage de différentes sections des vêtements de protection externes et internes (1 x 1 cm), gants en coton, lavage des mains	Non	Non	Température (29 et 33°C) Humidité (56-79%) Vitesse du vent (0.2-2.9 m/s)	Non	Non	GC-FPD	Étude contrôlée en champs	17 personnes, mais 10 applicateurs - 2 ingénieurs - 5 techniciens de labo - 8 agriculteurs - 2 techniciens agricoles	Non	Chlorpyrifos (EC, 48% w/v, Dow AgroSciences)	MOS: MOS = AE/(DE x AF x SF) (AE = acceptable exposure, DE = dermal exposure, AF = absorption factor, et SF = safety factor) Pour cette étude, MOS = 5.569/DE	A1 (61.8 cm): Exposition sous PPE moyenne de 27.8 mL/h et sur la peau de 3.37 mL/h A2 (108 cm): Exposition externe moyenne de 90.6 mL/h et sur la peau de 4.28 mL/h A3 (212 cm): Exposition externe moyenne de 462 mL/h et sur la peau de 18.3	- Exposition plus importante si forte densité car plus de contact cutané possible - Taux de pénétration à travers les habits d'environ 6.9% (taux affecté par l'épaisseur du tissu, la torsion et le mèche ment du fil, la viscosité du mélange de pesticides, et la tension superficiel	Discussion sur le risque

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					pesticides par pulvérisateur est toujours un problème de sécurité en raison des fortes expositions, du manque d'EPI et de nouvelles techniques d'application. Le maïs est l'une des cultures les plus cultivées au monde en raison à sa capacité de pousser sous différents climats. Les atomiseurs à dos à levier (lever-			s de labo en charge de la préparation de la bouillie et de la collecte des échantillons après chaque application dans les serres (concentration de 960 mg/L chlorpyrifos liquid sans additifs) - 8 agriculteurs appliquant le chlorpyrifos (expérience de la plantation de maïs > 3 ans) - 2 techniciens agricoles appliquant le chlorpyrifos													mL/h Pour A2 et A3, plus forte exposition du torse que de la tête et du dos probablement car en contact direct avec le maïs. A1: exposition du haut du corps est de 7%, les bras et mains de 7.4%, jambes et pieds de 85.6% A2: exposition du haut du corps est de 15%, les bras et mains de 52.6%, jambes et pieds de 32.5% A3:	le des mélanges de pesticides)	

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					operated knapsacks) sont communément utilisés en Chine en raison de l'ampleur des cultures et des méthodes de plantation. But de l'étude est de comparer l'exposition potentielle cutanée (PDE) et l'exposition interne cutanée (IDE) de diverses parties du corps et d'analyser l'exposition potentielle par inhalation (PIE)			(expérience en agriculture > 5 ans et ont déjà participé à d'autres à d'autres essais sur le terrain similaires). Volume total de pulvérisateur pour chaque applicateur: 45 litres, mais chaque réservoir était de 15L, donc les techniciens de laboratoire ont rempli le réservoir 3x																exposition du haut du corps est de 22.4%, les bras et mains de 61.7%, jambes et pieds de 16%

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					pendant le processus de pulvérisateur dans un champ de maïs de différentes hauteurs.																		
An X	2015	Potential dermal exposure and risk assessment for applicators of chlorothalonil and chlorpyrifos in cucumber greenhouses in China	Pas de conflit déclaré. Auteur en lien avec l'Académie d'Agriculture chinoise	Chine province de Zhejiang	Les mauvaises pratiques sont responsables d'accidents en Chine, notamment le non port d'EPI. Le chlorothalonil est largement utilisé sur les fruits, légumes, pelouses, mais il existe des intoxications aiguës et classé 2B	octobre 2013	Concombreres sous serres (8mx50m) rang 0,5x0,4 - hauteur 1,8 à 2,1m (8 serres au total ont été utilisées pour l'étude)	Traitement sous serres avec des pulvérisateurs à dos et lance de 1m préparation réalisée par des techniciens de laboratoire - 2 ingénieurs en charge du rangement du matériel d'application et de la supervision du procédé d'application durant toute l'application	13 Patches en papier, surface 50 cm2 chacun, gants en coton, masques en coton, chaussures en coton Exposition potentielle	Non	Non	Non Température entre 29,9°C et 34 °C	Non	Calcul de la Margin of Safety MOS	<b>Chlorothalonil:</b> GC-ECD LOD=0.0033 mg/L, LOQ=0,01 <b>Chlorpyrifos:</b> GC-FPD LOD=0.0029 mg/L, LOQ=0,01	Etude en champ, avec encadrement très rapproché des opérateurs	8 serres de 400 m2 du ingénieur 4 techniciens de labo pour applicateurs hommes, avec des instructions et un "entraînement" Un opérateur par serre, chlorothalonil un jour (N=4) et chlorpyrifos le	Le temps d'application des 16l du pulvérisateur à dos soit en moyenne 12 min pour chlorothalonil et 11,5 min pour le chlorpyrifos	Chlorothalonil poudre (20 g), Chlorpyrifos liquide (15.4 g)	Prise en compte d'une pénétration des vêtements de 10%, et d'une application pendant 4 heures/j	Expression des mesures en mL/h Chlorothalonil= 59,4 à 127,5 Chlorpyrifos=53,5 à 114,0	Plus de contamination sur la partie haute du corps, et plus sur le côté droit. Mains relativement peu contaminées (~11%)	MOS=0,1 et O,2 donc risque élevé. Réduire les durées de travail et renforcer les protections

Référence				Méthodes											Résultats									
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutanée	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					par le CIRC. Nombreuses et grandes serres de concombres. But de l'étude est de mesurer et comparer l'exposition cutanée au chlorothalonil (en poudre) et au chlorpyrifos (concentré émulsifiant) durant l'application sur des plants de concombres en serre.			n (contact direct avec les pesticides ?) - 4 techniciens de laboratoire en charge de la préparation de la bouillie et de la collecte des échantillons après chaque application dans les serres - 4 opérateurs (employés > 4ans dans une ferme de concombres) pour appliquer les pesticides									lendemain (N=4)							
An X	2017	Effects of different protective	rien de déclaré, financé par province	Chine	Rappel des risques de toxicité	Mars-Avril 2016	Concombres sous serres (8mx50	pulvérisateur à dos (15 L environ) avec 2	Pulvérisateur à dos (15 L environ)	Non	Non	Non	Non	Non	GC-ECD, 0,01 mg/LOQ	Observation en réel, bien encadrée	N=12 serres de concombres 12	15-23 min	Chlorothalonil 75 WP	Non	51 mg/h sans vêtement de protection	Différences observées avec d'autres	Calcul de la pénétration de la combinés	



Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		clothing for reducing body exposure to chlorothalonil during application in cucumber greenhouses	e Zhejian Lien avec le Ministère de l'Agriculture?		aiguë. Nouveau système de permis de traiter en Chine. Chlorothalonil persiste sur les végétaux. Largement pulvérisé dans les serres de concombres et la culture est dense. Protection contre le chlorothalonil offerte par 2 vêtements et 2 stratégies de protection quand il est utilisé en serres pour traiter le concombre. Les travailleurs		m) Traitement par pulvérisateur pendant 15-23 min	combinaisons de protection différentes : 100 % coton avec capuche et combinaison Kleenguard A30	n) avec 2 combinaisons de protection différentes : 100 % coton avec capuche et combinaison Kleenguard A30						(conditions analytiques pas clairement définies)	(formation préalable), préparation de la bouillie par d'autres techniques, buses réglées en fonction de la hauteur des plants de maïs	opérateurs =10 expérimentés en plantation, 2 techniciens appliquent avec les pulvérisateurs à dos				n: 5,8 mg/h avec combinaison en coton; 2,5 mg/h avec combinaison kleenguard et gants en latex Déposition "dite" uniforme sur le corps, excepté pour la combinaison kleenguard (infiltration pour le haut de l'avant-bras droit). Protection globale de 88,7 et 95,1% avec vêtement de protection avec jonction	cultures est associée à la structure de la plante selon les auteurs	on allant de 1 à 12%

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					rs ne portent habituellement que des vêtements classiques. Mesures effectuées à 2 températures et 2 RH																au poignet (93,6 et 99,97% pour combinaisons seules + gants). Partie supérieure du corps la plus exposée en PDE, les pieds et le visage ont une exposition non négligeable avec le port de vêtement de protection.		
An X	2019	Exposure risks to pesticide applicators posed by the use of electric backpack sprayers and stretcher	Appartenance à l'Académie d'Agriculture de Chine. Financement par une fondation	Chine	En Chine, un système d'évaluation des risques a été mis en place en 2009. Nouvelle réglementation en	2017	Vergers d'agrumes environ 100 ha Hauteur 3m et densité = 2m x 3m	Application de pesticides avec 1) des pulvérisateurs à dos électriques de 15l et lance de 80 cm, 2) des	Méthode de mesure du corps entier (BDE): survêtement en coton au-	Non	Non	Non	Non	Non	UPLC-MS/MS, LCMS LOD= 1,5 ng/L, LOQ=5 ng/L	Observations en champ, très encadrées: personnel de recherche calibre les pulvérisa	15 travailleurs dont 10 agriculteurs avec au moins 5 ans d'expérience dans les agrumes	Non	Malathion (EC à 45%)	Quotient de risque qui prend en compte l'AOEL, et une absorption de 15% du malathion	3,6 mg de contamination avec les pulvérisateurs à dos 5,65 mg de contamination avec les	Contamination la plus importante par zone: - pulvérisateurs à dos = tête (14%), mains	Calcul de la contamination en appliquant des valeurs de l'Union européenne par rapport à différents

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		- mounted sprayers in orchards	national		2017 prévoyant une information des applicateurs et une évaluation avant l'homologation. Les EPI sont peu portés. La Chine est au 3e rang mondial pour la production d'agrumes derrière les USA et le Brésil, avec 5 à 12 traitements par an, durant en moyenne 6h15.			pulvérisateurs portés sur un chariot avec une lance de 80 cm Volume 200 L.	dessus des sous-vêtements, casquette, gants extérieurs épais et intérieurs en coton, masque facial de 200 cm2 et chaussures. Le matériel de recueil a été lavé préalablement et nettoyage du visage, cou et mains avant l'application. Essuyage du visage						teurs et prépare la bouillie de malathion	et 5 techniciens					pulvérisateurs sur chariot	(20%), dos (14%) - pulvérisateurs sur chariot = mains (33%), jambes (21%) Moins de dépassement de l'AOEL avec les pulvérisateurs à dos (mais moins de zone traitée) Les agriculteurs se contaminent plus que les techniciens en raison des liens avec les pratiques	EPI, mais pas clairement définies les raisons de ce calcul

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Aprea C	2016	Assessment of exposure to pesticides during mixing/loading and spraying of tomatoes in the open field	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Italie du Nord	Il est utile d'avoir des estimations d'exposition post-homologation pour comparer avec l'AOEL. Suivi de deux molécules utilisées le jour du traitement, et d'une troisième comme marqueur de la persistance sur les équipements (et donc leur changement)	Mars à Mai 2012	Tomates en plein champ	Préparation-charge ment/application Protection respiratoires très variables (décrites), vêtements de travail changés 2 fois par jour (voir détails dans le tableau 3) Pulvérisateur tracté, avec ou sans cabine filtrée	et cou après application.	Pompe 2 L/min et IOM avec filtres en fibre de verre. 20 L/min pour estimer la dose respiratoire. Peu de masques portés, donc dose réelle sans le port du masque	Non	Non	Recueil du sexe, âge, conditions de travail (EPI) par entretien direct	Non	GC-MS-SIM LOD /échantillon ou mL : metolachlor=1 ng métribuzine=10 ng pendiméthalin e= 5ng	Etude en champ: 1 journée par opérateur	16 opérateurs Hommes de 24 à 73 ans dans 16 exploitations différentes	Journée de travail de 12 heures Durée de traitement en moyenne = 140 min +/-91 min, durée max = 330 min.	Métribuzine (WG), pendiméthaline (suspension) Métochlor (comme marqueur de persistance sur les EPI)	Absorption prise en compte: Dermale: 10% pour métochlor et pendiméthaline, et 50% pour métribuzine Respiratoire: 100%	Métochlor trouvé dans lavage des mains, notamment avec les gants non jetables. 31 à 74 µg de métribuzine et pendiméthaline retrouvés en moyenne sur les gants. Médiane dans l'air (µg/m <sup>3</sup> ): 8,46 pour métribuzine et 0,192 pour pendiméthaline. Pour métochlor, la dose la	Rôle du nombre de préparations (contamination respiratoire) pour la métribuzine essentielle. Contamination du visage considéré comme un reflet du dépôt des particules aéroportées (absence de contact?) Rôle de la longueur des manches des vêtements : manches courtes = 30% de perméatio	Valeurs sous l'AOEL

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
									de poste.												plus importante a été mesurée dans les cabines filtrées. Perméation cutanée entre 8 et 20% selon le pesticide.	n. Sans EPI, pénétration des vêtements jusqu'à 49%. Plus de contamination avec métolachlore (pas utilisé le jour de l'observation) quand un tracteur avec cabine filtrée est utilisée (dû aux résidus?)	
Apréa C	2021	Determinants of skin and respiratory exposure to lufenuron during spraying and reentry in Italian ornamental plant greenhouses	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Pas de financement déclaré	Italie (Toscane)	Spécificité des traitements en serres: espace limité et occupé par de nombreux travailleurs. Pas d'étude à ce jour sur le	Mars 2018	Plantes ornementales sous serres (Scindapsus) - 25 500 m2	Traitement par Lufenuron avec une lance Réentrée pour agraffer les plantes Gants en nitrile et en caoutchouc, combinaison, masque	Patchs 9 sur la combinaison et 9 dessous 49 cm2 sur le corps 16 cm2 sur le visage (=1 patch sous le	Filtres en fibres de verre placés dans dispositif IOM, débit de 2L/min. Pendant toute	Pas de mesure de biomarqueur	DFR sur les feuilles des plantes à 2, 48, 72, 96, 120 et 144 h après le traitement - disques de 2 cm de feuilles	Pas de questionnaire	Non	Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (ESI-LC/MS)	Observations de terrain	Traitement: 2 hommes (pas de préparation observée)  Réentrée: 4 femmes	Applicateurs #1: 48 min #2: 63 min	lufenuron (insecticide) MATCH TOP 50 g/L dans 100 l	Calcul de la dose d'exposition: Respiratoire: 20 L/min pour les hommes et 15 L/min pour les femmes Cutanée: somme des patches	Valeurs de DFR décroissent avec le temps de 0,394 µg/cm2 à 0,103 µg à 144h, selon relation log-linéaire. Contamination cutanée potentielle	Plus forte contamination du bas du corps (et avant-bras pour les travailleurs en réentrée) Plus forte contamination des travailleurs quand les résidus sont plus	Réentrée 41 h après le traitement des données sous la LOQ par une fonction du logiciel JMP (valeur au hasard

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					lufénuron, un insecticide à faible toxicité chez l'animal. Problème de convulsions à hautes doses, pas d'identification d'effet carcinogène/ mutagénique/ reproduction. Absorption cutanée de 13% pour la solution			entier (applicateurs), bottes	masquée) Lavage de mains avec 150 mL d'éthanol pour frotter puis trempage dans la solution versée pendant 30 secondes : Avant et après traitement et à chaque pause lors de la réentrée	la durée des tâches		différentes (~39 cm <sup>2</sup> ), mesures sur 18 points de la serre								après extrapolation à la zone. Contamination réelle et potentielle Prise en compte d'une absorption de 13% pour la peau et 100% en respiratoire.	e de 84 µg soit 0,001% de la quantité de pesticides manipulés	élevés Contamination respiratoire plus élevée chez les applicateurs Contamination des mains plus importante pour l'applicateur 2: a travaillé plus longtemps Protection jusqu'à 98% par la combinaison quand les patches sur et sous la combinaison sont comparés pour les applicateurs mais plus de variations pour les travailleurs en réentrée - avec un	entre 0 et LOQ)

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithmes	niveaux	déterminants	Autres	
																							rôle possible de la position assise Dose absorbée est inférieure à AOEL	
Atabila A	2017	Dermal exposure of applicators to chlorpyrifos on rice farms in Ghana	Premier auteur australien, et labos académiques australiens et du Ghana, pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par Griffith University	Ghana (sud)	Peu d'usage d'EPI dans pays tropicaux à cause inconfort, coût et accès alors que exposition principale cutanée et sueur très présente du fait chaleur, critiques des patchs et lavage des mains	Accord comité d'éthique en 2015, terrain décembre 2015 et janvier 2016	Riz	Application avec pulvérisateur à dos à pression manuelle d'une solution commerciale (émulsion concentrée à 480 g/L) le matin entre 6 et 8h, observateurs de terrain, données incluent préparation et application ensemble	Oui, sous-vêtements en tyvek (découps en zones habituelles + capuchon) + gants coton et chaussures, et vêtements de travail habituels par-dessus, visage et cou passés à lingette et ajoutés	Non	Non	Non	Observations sur le terrain: EPI, habits, durée, quantité utilisée, hauteur culture, surface ferme et dysfonctionnements, fuites	Non	GC LOQ: 0,01 mg/L	Observation	24 hommes applicateurs (23 à 53 ans), 54% avec formations du ministère agriculture	57 min (21 à 110 min)	chlorpyrifos (182 mL en moyenne)	Analyses monovariées réalisées (comparisons de moyennes)	Exposition dermale totale: exposition cutanée sommée, % matière active utilisée et quantité/cm2 de peau, 24 mg en médiane, 95ème percentile à 48 mg correspondant à 0,03% et 0,06% de la quantité de chlorpyrifos manipulée.	1 seul portait un EPI (lunettes de protection), très souvent (60 à 80%) éclaboussures et fuites observées, ferme de 0,5 ha en moyenne, application sur culture basse (42 cm), données individuelles présentées dans tableau, niveaux faibles qu'autres	Conclusion souligne que pays pauvres n'ont pas les moyens d'étudier les conditions d'usage des pesticides et s'appuient donc sur modèles et évaluations des pays riches pour estimer le risque, ce qui n'est pas extrapolable (cf. leurs conclusions sur	

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
									à la capuche puis échantillons placés au froid et obscurité sur site													non formation sur pesticides et pas d'effet du niveau d'éducation	études que les auteurs attribuent au type de pulvérisateur à dos (pression manuelle vs pulvérisateurs thermiques). Comparaison avec valeurs proposées par PHED et 3 à 6 fois plus élevées dans l'étude. A partir de données de 4 applicateurs, les zones les plus exposées du corps ont déterminé et discussion des explications, mais les plus	comparisons avec modèles PHED)



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
Atabila A	2019	Comparative evaluation of chlorpyrifos exposure estimates from whole body dermal dosimetry and urinary trichloro-2-pyridinal (TCP) methods	Pas de conflit d'intérêt déclaré - mais financement ministère agricole du Ghana	Ghana (Sud-est) - auteurs en Australie	Importance de l'exposition au chlorpyrifos dans de nombreux pays, effets adverses et possibilité de mesures urinaires intégrant toutes les voies d'exposition (TCP). Intérêt de confronter avec l'exposition cutanée car les dosages urinaires sont plus difficiles (plus coûteux et technique	Non disponible	Petites exploitations de riz (<2 ha)	Traitement avec des pulvérisateurs à pression manuelle - le matin et en l'absence de vent. Seulement N=2 ont des EPI = lunettes de sécurité	Corps entier, à l'aide de sous-vêtements en Tyvek, gants et chaussures en coton - sous leurs vêtements de travail usuels (en général manches longues et pantalons).	Non	6 échantillons urinaires de 24h -1 par jour (dont 1 avant application, jour du travail, et 4 jours après) - mesures dans 1 mL d'urine. TCP urinaires (corrégés par la créatinine)	Non	Infos collectées sur surface ferme, hauteur culture, quantités chlorpyrifos manipulées, surfaces traitées, types de vêtements, fuites pulvérisateur...	Non	GC-PPFD LC-MS/MS pour les urines	PL= expérimental Observation en champ	N=24 (dont 16 avec à la fois pour mesures contamination externe et TCP urinaires - mais pas forcément sur les mêmes journées d'application)	Une seule phase d'application par opérateur 53 et 79 min en moyenne pour mesure corps entier et urines	Chlorpyrifos 48%	Dose absorbée calculée à partir de la dose cutanée, d'un facteur d'absorption par jour: de 4,3% et du poids de l'application	5 à 29 µg/kg/jour pour le corps entier et 1 à 71 pour urines. Dose absorbée par jour: - à partir de la contamination externe= 16 µg/kg/j - à partir de TCP= 5 µg/kg/j. Considéré comme comparable par les auteurs	Déterminant retrouvé à la fois pour la contamination externe et les métabolites urinaires = quantité de pesticides appliquée. Les différences entre les doses déduites de la contamination externe et des métabolites urinaires s'expliqueraient notamment par des différences d'absorpti	contaminés et aussi en quantité par cm2	Pas de présentation de corrélation entre les deux méthodes

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					plus compliquée). Comparaison déjà faite mais simultanément sur les mêmes individus																	on cutanée entre les opérateurs Fermes de 0,5 ha, 160 mL de formulation utilisée, éclaboussures dans 80% des cas et fuites sur pulvérisateur dans 50% des cas, méthode corps entier surestime pour les faibles niveaux (<75ème centile) et sous-estime pour niveaux élevés d'exposition	
Atabila A	2018	Health risk assessment of dermal exposure	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Finance	Ghana	Chlorpyrifos inhibe l'AChE. Voie dermale est la plus	Ethical approval obtenu en 2015	Riz	Atomiseur à dos pressurisé manuel pour les traitements	Gants en coton, chaussures en	Non	Non	Non	Non	Non	GC-MS (LOD?)	Etude en champs	24 applicateurs (hommes?)	ND	Chlorpyrifos (Dursban - 480 g/L Emulsifiable	- Dermal Absorption Factor (DAF): DAF (%) = (Estimate	- Dose journalière absorbée a été estimée	Non discuté	Discussion sur les quotients de risque (Hazard quotients

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		to chlorpyrifos among applicators on rice farms in Ghana	ment par Griffith University		important chez les agriculteurs, et particulièrement dans les pays tropicaux (Chaud et humide) qui découragent le port des EPIs (94-96% =exposition cutanée pour le chlorpyrifos chez applicateurs). Matériel utilisé est majoritairement l'atomiseur à dos. Technique "Whole-body dosimetry" semble la plus efficace pour évaluer l'expositi			s Taille moyenne des surfaces à traiter 0.5 ha Port de "sous-vêtement Tyvek" en-dessous de leurs habits habituels pour l'étude	coton et sous-vêtements Tyvek en-dessous des habits usuels pour mesurer la quantité de chlorpyrifos traversant les habits de l'applicateur.									Concentrate)	d Absorbed Dose /Applied Dose) x 100 - Total Dermal Exposure (TDE) pour chaque applicateur est la quantité total de résidus de chlorpyrifos quantifié sur les sous-vêtements, les gants et les chaussettes - Absorbed Daily Dose (ADDD) pour exposition dermale (µg/kg/day):	en moyenne à 16 µg/kg/jour (5 à 29 µg/kg/jour) (soit 7 x moins que l'étude de Lapphara et al. (2014) pour les applicateurs en Thaïlande, ou 105.8 µg/kg/jour, avec une surface plus grande à traiter (2.5 ha) - L'exposition journalière sur la durée de vie de travail (LADD) moyenne estimée à 0.3 µg/kg/jou			(HQs) values) en fonction des valeurs de référence de l'OMS, US-EPA et autres études

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					on cutanée aux pesticides chez les applicateurs. But est de mesurer la dose de chlorpyrifos absorbée suite à une exposition dermale chez des applicateurs dans des rizières. Estimation de la dose aiguë (ADD) et chronique (LADD).															ADDD = (TDE <sub>x</sub> DAF)/BW (TDE (mg/day); DAF, Dermal Absorption Factor (4.3%) et BW, poids corporel (kg) - Lifetime Average Daily Dose (LADD) pour exposition dermale (µg/kg/day): LADD = (ADDD x EF x ED)/AT (EF, the Exposure Frequency (Number of days per year); ED, the Exposure Duration (Work lifetime	r (0.1 à 0.5 µg/kg/jour)			





Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		Argentin						terre Expérimentations écotoxicologiques Matériel: tracteur et pulvérisateur porté	mains non décrite														
Bootsik eaw S	2021	Urinary glyphosate biomonitoring of sprayers in vegetable farm in Thailand	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par University of Phayao et CWEND GEOHealthHub	Thaïlande (Bungphra Subdistrict, Phitsanulok Province)	Glyphosate (GLY) est cancérigène pour certaines institutions et non cancérigènes pour d'autres. Autres effets suspectés et controversés. GLY peu métabolisé chez l'humain et éliminé dans l'urine avec une 1/2 vie estimée entre 3 et 20h après exposition. Peu de	Ethical approval reçu en 2015	Maraîchage (haricots, choux kale, coriandre, choux chinois, oignons nouveaux, volubilis, concombres) Surfaces moyennes: 0.3 à 4.6 ha	4 types d'équipement pour sprayer: atomiseur à dos à pompe manuelle (3 travailleurs), atomiseur à dos motorisé (22 travailleurs), atomiseurs à dos avec batterie (16 travailleurs), pompe à haute pression (2 travailleurs)	Patche (contact cutané) en coton de 100 cm <sup>2</sup> scotchés directement sur la peau sous les vêtements et sur 10 zones du corps (front, haut du dos, haut des bras, haut	Échantillons d'air personnel utilisant des filtres de fibre de verre dans une cassette (zone respirable) Débit de la pompe: 1 L/min	Spot urines à 3 périodes de temps: 1) Collecte d'urine du matin le jour avant le traitement 2) Collecte d'urine à la fin de l'activité de traitement de la 1 <sup>ere</sup> urine du matin le jour après le traitement	Mesure de l'humidité relative (63.5% en moyenne) et de la vitesse du vent (1.4 m/s en moyenne)	Interview sur les caractéristiques de la ferme, l'utilisation de pesticides dans la ferme, EPI utilisés, l'activité agricole et leurs problèmes de santé en lien avec l'utilisation de pesticides	Mesure du stress thermique à l'aide d'un moniteur (WBGT): 32.1°C en moyenne	HPLC avec détecteur à fluorescence LOD patches: 1.5 ng LOD urines: 3 ng LOD urines: 1 ng/mL	Etude en champ	43 agriculteurs (81.4 % hommes) (appliqués du GLY et travaillent dans leurs fermes depuis >1 an)	Observations en champ: Informations reportées sur le port des EPIs, le procédé de préparation, le matériel utilisé et les vêtements portés Durée moyenne pour préparation GLY: 41.7 min	Glyphosate	Non	Concentrations (moyenne géométrique) de GLY dans zone respirable: 9.37 µg/m <sup>3</sup> (0.01 à 3421 µg/m <sup>3</sup> ). Concentrations (moyenne géométrique) de GLY pour les patches (expo dermale totale): 7.57 mg/h. Concentrations urinaires (moyenne	Patches (contact cutané) en coton de 100 cm <sup>2</sup> scotchés directement sur la peau sous les vêtements et sur 10 zones du corps (front, haut du dos, haut des bras, haut des jambes, et bas des jambes) Certains patches n'étaient pas protégés par un habit	- Pas de port de PPE en raison du manque de confort, coût et du climat tropical - Pompe à haute pression (40-1000 psi) peut exposer plus fortement l'utilisateur à des dérivés que les autres équipements - L'atomiseur motorisé génère un spray horizontal

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					données sur l'exposition suite à l'utilisation de différents équipements de traitement pour le GLY But est de mesurer l'exposition cutanée, respiratoire et interne au GLY selon différents équipements de spray chez des travailleurs en maraîchage.				des jambes, et bas des jambes) Certains patchs n'étaient pas protégés par un habit (short et tee-shirt)												e géométrique) de GLY étaient les plus importantes pour les travailleurs en maraîchage utilisant un atomiseur à dos manuel: 46.90 µg/g créatinine, puis par ceux utilisant un atomiseur à batterie (43.10 µg/g créatinine), une pompe à haute pression (34.69 µg/g créatinine), et l'atomiseur	(short et tee-shirt)	de 12 à 15 m et jusqu'à 10 m de hauteur vs l'atomiseur à batterie qui spraye à courte distance (1 à 2 m) - Résultats différents de l'étude de Connolly et al. (2019) montrant une concentration urinaire de GLY plus faible pour l'utilisateur d'atomiseur à dos manuel (0.93 µg/L) comparé à la lance pressurisée (1.82 µg/L) à la fin du traitement



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
																							motorisé (31.11 µg/g créatinine) Parties du corps les plus exposées: jambes, dos et bras.	t et le lendemain matin.
Bozdogan A	2015	Estimation of occupational risk in herbicide application	Aucun conflit d'intérêt	Turquie	En Turquie, beaucoup d'application d'herbicides en culture céréalières, avec beaucoup de molécules actives différentes	Non disponible	Grandes cultures-céréales	Utilisation d'équation du risque. Distinction entre opérateur (mélange, chargement, pulvérisateur) et travailleur (de rentrée)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non applicable (NA)	NA	NA	NA	11 molécules herbicides à l'étude	Utilisation de l'équation de la littérature pour évaluer les risques relatifs entre molécules	NA	La nature de la molécule, et l'ensemble des paramètres du modèle qui lui sont propres, ainsi que la variable EPI		
Bravo N	2022	Occupational and residential exposure to organophosphate and pyrethroid pesticides in a	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Espagne (Catalogne)	Usage intensif d'insecticides dans des contextes divers. Contamination de l'alimentation, et contact cutané ou	2016	Surtout de la culture fruitière (77%) et jardin potager (23%)	57% font plus de 20 traitements par an Tracteurs: 81%, autres= pulvérisateurs à dos 32% ne portent jamais de gant	Non	Non	Recueil urinaire (sans information sur le moment de la collecte) et analyse des métabolites	Non	Age, Sexe, poids, taille, lieu de résidence. <b>Individus exposés professionnellement:</b> Données sur la profession, fréquence		UPLC-ESI	Etude de caractérisation de l'exposition aux pesticides (sans les effets sur la santé)	45 agriculteurs hommes, 42 habitants ruraux (67% de femmes) (soit 20% du village)	Non	<b>Organophosphorés (6):</b> métabolites = DEAMPY, IMPY, MDA, PNP, CMHC, TCPY pour représenter pirimifos,	Non	PNP (métabolite du parathion pourtant interdit) et TCPY (métabolite chlorpyrifos) ont été les plus	Niveaux plus élevés chez les agriculteurs sauf 4-F-3-BPA Agriculteurs ont des concentrations statistiquement plus		

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		rural setting			par inhalation Effets de santé mis en évidence Possibilité de mesurer dans les urines même si cela ne reflète pas le long terme Pesticides identifiés dans les rivières de Catalogne . Etude pilote But est de comparer les concentrations urinaires de métabolites de pesticides entre les hommes exposés professionnellement								des traitements, type de tracteur, EPI... <b>Résidents:</b> activités en lien avec des pesticides, consommation de produits locaux, lieu de travail				considéré)		diazinon, malathion, parathion, coumaphos, chlorpyrifos <b>Pyréthroides (2):</b> 4-F-3-BPA pour la cyfluthrine et 3PBA pour les pyréthroides en général		déTECTÉS - <b>IMPY, MDA, CMHC:</b> <LOD pour agriculteurs (Agr) et résidents (Res) - <b>DEAMPY</b> (moyenne et ajusté pour la créatinine): 1.2 ng/mL Agr vs 0.87 ng/mL Res - <b>PNP et 3-PBA</b> (moyenne et ajusté pour la créatinine): 1.7 ng/mL Agr vs 1.5 ng/mL Res - <b>TCPy</b> (moyenne et ajusté pour la	élevées de TCPy (chlorpyrifos) que les résidents ont des concentrations statistiquement plus élevées de 4F-3-PBA (cyfluthrine) que les agriculteurs (pas d'explication donnée) Seul paramètre professionnel associé au niveau urinaire de DEAMPY= tracteur avec ou sans cabine Lien entre l'absence de gants à la préparation et contamination	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutanée	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					nt et les résidents des zones rurales, et de caractériser l'exposition.																créatinine): 3.3 ng/mL Agr vs 2.4 ng/mL Res - 4F-3-PBA (moyenne et ajusté pour la créatinine): <LOD Agr vs 0.11 ng/mL Res	Relation inverse avec le port de casquette	
Bresson M	2022	Pesticide Exposure in Fruit-Growers: Comparing Levels and Determinants Assessed under Usual Conditions of Work (Agricultural Operator Exposure Model) (CANEPA Study) with	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement académique multiple (SIRIC BRIO, CFB et IdEx bx) et équipes académiques	France (Normandie, Rhône-Alpes, Poitou-Limousin, Garonne)	Arboriculture très utilisatrice de pesticides, notamment fongicides et modèles d'homologation pas confrontés avec expositions en conditions habituelles chez les applicateurs	2016-2017	Arboriculture (pommes)	Traitement (préparation et applications séparées) avec pulvérisateurs motorisés, nettoyage, présence d'EPI	oui, patches répartis sur tout le corps (peau et sur vêtements de travail) + gants en coton ou eaux de lavage des mains	oui, tube XAD2 1 L/min	Non	Non	Oui, beaucoup de paramètres	Non	HPLC-UV, LOQ 2 µg/patch, 4 µg/gant et 6µg/L pour eaux de lavage mains	Observation	30 hommes	Oui, patches répartis sur tout le corps (peau et sur vêtements de travail) + gants en coton ou eaux de lavage des mains	Captane, THPI (métabolite du captan) et Dithianon	Confrontation au modèle AOEM	4,25 mg en moyenne pour la mesure (1.36 pour préparation et 1,27 pour application) et 16 mg pour la dose estimée d'après modèle pour le total	Exposition différente selon tâches effectuées, les EPI utilisés, la formulation, la quantité de substance active et la présence de cabine Contamination lors préparation sous-estimée par les modèles	Surestimation de la protection des gants et combinaisons (VP) par le modèle

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		Those Predicted by Registration Process			urs Conditions non contrôlées et comparaison avec évaluation modèle AOEM.																		et application très sur-estimée par les modèles. Modèles surestimant beaucoup la protection apportée par les EPI (gants et combinaison)
Bureau M	2022	Pesticide exposure of workers in apple growing in France	Pas de conflits déclarés. Financement ANR	France (Normandy, Rhône-Alpes, Poitou-Limousin, Garonne Valley)	Peu d'études sur l'exposition aux pesticides des opérateurs et des travailleurs dans les vergers, et particulièrement l'exposition indirecte. La culture des pommes est parmi la	Saison de traitements de 2016 et 2017	Culture fruitière de pommes / Vergers de pommes (en moyenne 20.5 ha)	Traitements (30 jours) Réentrée (68 jours) Cueillettes (58 jours) - Plupart des opérateurs portaient des EPI durant les opérations de mixing/Loading (85%) et de lavage du matériel (92%) mais rarement pendant	Patchs placés sur la peau (10x10 cm) sur 11 différentes parties du corps (avant-bras, haut des bras, cou, cuisses, bas des jambes	18 traitements: mesure de la concentration des composés dans la zone respirable du travailleur à l'aide d'une pompe (1L/min) et de filtres.	Non	Température, humidité et vitesse du vent	Non	Observations par des chercheurs sur le terrain: - journal pour le traitement - journal pour la réentrée et la cueillette	- HPLC/UV-DAD LOQ: 4 µg/gant, 2 µg/patch, 6 µg/eau de lavage des mains - GC/MS/MS (captan and THPI) et LC/MS/MS (dithionon) pour	Etude en champs	ND	- Traitement en moyenne 165 min (15 min. mixing, 78 min traitement et 10 min lavage) - Réentrée en moyenne 390 min - Cueillette en moyenne 352 min	Captan et Dithianon	Non	Contamination dermale moyenne: - Opérateurs: 5.50 mg pour le captan et 3.33 mg dithianon - Travailleurs en réentrée: 24.4 mg pour le captan et 1.84 mg dithianon - Cueilleurs	- Tâches les plus contaminantes pour les opérateurs sont les tâches de mélange et de remplissage des réservoirs (mixing/Loading) ainsi que le nettoyage du matériel (variation de la contamination selon	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					production de fruits la plus importantes dans le monde avec 87 millions de tonnes/an. La France est le 3ème producteur européen avec 1.7 millions de tonnes/an. Les pommes sont également la 3ème culture en France, après les cultures en plein champs et la vigne. But est de quantifier l'exposition aux pesticides			les traitements (15%) - Aucun travailleur en réentrée ne portait de masque ou une combinaison, et 15% portait des gants résistants aux coupures (plus de détail sur tâches, matériel dans la Table 2 et Table 3)	et la tête) - Traitements: patches ont été enlevés et remplacés après chaque tâches: mixing /Loading, traitement, nettoyage des équipements - Ré-entrée et cueillette: patches laissés pendant 1/2 journée, puis remplacés après lunch	changer après chaque tâche.				ées: - caractéristiques de la ferme - caractéristiques du travailleur - caractéristiques du verger - perception du travailleur sur son travail et son exposition - Description détaillée des tâches - Description du matériel de traitement et des	les filtres LOQ: 8 ng/filtre pour THPI et 2.5 ng/filtre pour dithianon			jours après le traitement de captan et 52 jours après le traitement de dithianon			: 5.82 mg pour le captan et 0.74 mg dithianon Travailleurs en réentrée sont les plus exposées, surtout lors de l'éclaircissage et l'ouverture des filets anti-grêle Contamination par inhalation (seulement traitement): - Captan: 0.04 mg/jour (0.02-0.22 mg) en moyenne (mixing: 0.01 mg, traitement: 0.02 mg) - Dithianon	les tâches) - Mains = partie du corps la plus contaminée dans toutes les tâches effectuées - Importance de considérer les expositions indirectes durant le travail de re-entrée en vergers - Jusqu'à 40 applications de pesticides dans les vergers entre mars et fin août, la moitié des pesticides utilisés sont des fongicides. - Certaines tâches de ré-entrée plus	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					chez les travailleurs de vergers des pommes selon les tâches effectuées et les parties du corps				si travail en pm Gants en coton pour quantifier l'exposition des mains ou par lavages des mains si gants gênant pour les tâches. Même procédure que pour les patches pour les gants Lavage des mains avec 500 mL d'eau minérale: Avant					caractéristiques de ce matériel - Description détaillée des étapes de traitement Photos et vidéos pour l'étude ergonomique							: 0.7 µg/jour (0.5-30 µg) en moyenne (mixing: 0.3 µg, traitement: 0.7µg) En général, contamination plus importante pour Captan que Dithionon (plus grande quantité de captan appliquée ?)	contaminante que le traitement - Durée des tâches de ré-entrée plus longue que le traitement - Résidus importants sur les feuilles et les fruits à la cueillette	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
									le travail, après chaque tâches de traitement ou chaque 1/2 journée pour cueillette et re-entrée.														
Callahan C	2017	Longitudinal assessment of occupational determinants of chlorpyrifos exposure in adolescent pesticide workers in Egypt	Financement par le NIEHS et NCI et support du gouvernement égyptien	Egypte (delta du Nil)	Chlorpyrifos annoncé comme le pesticide le plus utilisé au monde, et effets possibles neurotoxicité et cancers respiratoires. Adolescents plus concernés car plus fort ratio entre surface cutanée et volume;	Avril 2010- Janvier 2011	Champs de coton - Travaillleurs employés saisonnièrement par le Ministère de l'Agriculture	Préparation des bouillies et application avec un pulvérisateur à dos	Non	Non	Mesure de TCPy urinaires: recueils à la pause de midi Mesure de la créatinine urinaire En moyenne 19 prélèvements sur les 9 mois de l'étude Intégration de l'aire sous la courbe des valeurs	Non	Questionnaire à l'inclusion complété en face à face = âge, niveau d'études, ATCD médicaux, port d'EPI, Utilisation de pesticides domestiques ou pour jardinage Questionnaire de suivi sur les symptômes, l'hygiène personnelle, le nb d'heures	Non	LOD=0,5 ng/mL urine	Suivi sur 9 mois	57 applicateurs et 38 non applicateurs inclus. Analyse sur 43 travailleurs pour lesquels la surface corporelle était disponible. Seulement 9 ont 18 ans, un a 19 ans et les autres sont	Horaires de travail = 8h-12h et 15h-19h, 6 jours par semaine	Chlorpyrifos étudié, mais d'autres molécules ont été utilisées = bacillus thuringiensis, chlorfluazuron, penconazole, propamocarb, hydrochloride, profenofos, atrazine, alphacyperméthrine, diflufenzuron,	Réalisation de modèles cumulés, court terme, et longitudinaux	TCPy dans tous les échantillons.	Etude du rôle de l'âge, de la surface cutanée, de la durée d'application du chlorpyrifos en heures (au travail et à la maison), type de vêtements portés, douches, outils utilisés pour le mélange, ... Ce qui est	Niveaux trouvés plus élevés chez adolescents (autre article) - pas de port d'EPI en général

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					moins d'efficacité de la paraoxonase. Hypothèse de déterminants de l'exposition différents chez les ados, avec des pratiques à risque.								travaillées et les pesticides appliqués				mineurs (âge moyen 16 ans)		lambda cyhalothrine, spinosad			associé = durée totale d'application du chlorpyrifos et des autres pesticides, port de bottes et chaussettes, niveau d'études Dans le suivi= rôle de la surface corporelle, port de vêtements propres, type de pesticides manipulés - chlorpyrifos ou autres,	
Cao L	2015	Assessment of potential dermal and inhalation exposure of workers to the insecticides	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par agroscientific research,	Chine	Insistent sur l'équation exposition x danger = risque. Auteurs prennent appui sur modèle européen	Non disponible	Blé 70-80 cm de haut	Pulvérisateur à dos électrique et marche en avant dans le jet de pulvérisation, pas de EPI	Oui, whole body method (méthode de corps entier)	Oui, tube XAD2 2L/min	Non	Non	Données météo	Dosage dans cuve du pulvérisateur, environ 145 mg/L	HPLC LOQ: 0,05 mg/L	Semi expérimental (15 g de préparation à 15% dans pulvérisateur de 15 L)	4 opérateurs (2 dans chacune des 2 régions) mais mêmes caractéristiques du	15 min	Imidaclopride	Non	Entre 480 et 740 µg d'exposition potentielle et 2 µg environ pour deux opérateurs sur tube	Membres inférieurs les plus contaminés. Part de l'exposition respiratoire inférieure à 1% dans	





Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		toimidacloprid and risk assessment among applicators during treatment in cotton field in China	plan de développement de la recherche en Chine		dans la réglementation chinoise. Les scénarios d'exposition sont différents : besoin d'un China Predictive Operator Exposure Model CPOEM. Importance du coton pour la fibre et pour l'huile, et Chine détient 25%, notamment OGM résistant au Bacillus Thuringiensis. Néanmoins utilisation de pesticides anti-pucerons,		un espacement entre les pieds de 30 cm	Lance tenue 30 cm au-dessus de la culture	avec capuche, gants en coton et masque. Découpage en 9 zones	OSHA versatile + XAD2 2L/min			quotidien de produit utilisé			l'académie chinoise d'agriculture	agriculteurs locaux - 2 applications par opérateur	également des observations en reculant)	n 10% dans 10l d'eau ALLURA RED testé comme un marqueur potentiel (traceur coloré?)	of Exposure) NOAEL= 5,7 mg/kg/jour Prise en compte de 10% de contamination au travers des vêtements (valeur préconisée par l'EFSA) et d'un facteur de pénétration cutanée de 7,2% par voie cutanée et 100% par voie respiratoire (EFSA préconise des valeurs qui sont fonction de la concentration de la	active manipulée Contamination potentielle moyenne : 2059 mg/kg de pesticides (0,21% de la quantité utilisée) Tête = 29% de la contamination (cf. hauteur feuillage) Mains=15% (en avant comme en arrière) Plus de contamination sur le côté droit du corps (en avant comme en arrière) Contamination respiratoire	marche arrière - et tête moins contaminée (bras droit est alors le plus contaminé). Exposition 11 fois moindre en marche arrière	des vêtements, lorsqu'on traite en avant

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					dont imidacloprid - pour lequel des résistances sont apparues: de ce fait, augmentation des doses.															préparation = 75% si <5% et =25% si au-delà de 25% (depuis 2012) et =10% si poids moléculaire au-delà de 500 et valeur de Kow prise en compte Également calcul avec une valeur de 100% Prise en compte d'une valeur par défaut de 100 l pulvérisés par jour par un opérateur	estimée à 0,09% - 0,06% de la contamination totale		
Connolly A	2019	Évaluation glyphosate exposition routes	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Finance	Irlande	Peu d'étude de biomonitoring sur le	Septembre 2016 à Septembre 2017	Horticulture d'agrément	29 traitements étudiés (1 traitement/travailleur	Collecte de 343 échantillons de	Non	Collecte d'au minimum 3 échantillons de spot	Collecte de 343 échantillons de	Non	Observations pour l'ingestion inadver	LC-MS/MS LOQ: 1 µg/L LOD:	Etude de terrain	20 horticulteurs d'agrément appliqua	Traitement entre 0.5 et 6 h: ~3 h pour atomiseur manuel	Glyphosate	Non	- Concentrations (moyenne géométrique)	- Exposition dermale est la route prédomin	- Les concentrations mesurées sur les mains et

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		and their contribution to total body burden: A study among amenity horticulturists	ment par Irish Commission of Public Works, Health and Safety Authority (HSA) of Ireland, et The Colt Foundation UK		glyphosate (GLY) ont évalué l'exposition en agriculture. GLY semble très peu perméable à travers la peau (<2%) même si toujours considéré comme la voie majeure d'exposition au GLY et l'inhalation est une voie mineure. Une étude en UK a montré une exposition potentielle par l'inhalation et la voie cutanée			r) 3 groupes de travailleurs: - atomiseur à dos manuel (10-15 l) - lance pressurisée connectée à un atomiseur à dos motorisé - applicateur par gouttelettes contrôlées (similaire à un atomiseur à dos motorisé mais capacité de 5 l) est acheté avec une solution prémélangée (pas de tâches de préparation) et peut adapter la	lingettes et gants Lingettes utilisées pour les mains, la région péri-orale, et les surfaces de travail potentiellement contaminées. Mains (2 lingettes/main) et région péri-orale: collecte avant et après traitement (après avoir ôté les gants		urines individuelles: avant que le traitement commence, dans l'heure suivant la fin du traitement, et la première urine du matin suivant le traitement.	lingettes et gants Lingettes utilisées pour les mains, la région péri-orale, et les surfaces de travail potentiellement contaminées. Mains (2 lingettes/main) et région péri-orale: collecte avant et après traitement (après avoir ôté les gants		tance pendant les traitements seulement: fréquence de contact avec la zone péri-orale par traitement, fréquence des contacts main-bouche, contact avec le corps et les zones de l'environnement potentiellement contaminées.	0.5 µg/L		nt du GLY (18 hommes et 2 femmes)	~3.5 h pour l'application par gouttelettes contrôlées ~6 h pour la lance pressurisée			que) de GLY pour les mains (0.002 à 0.41 µg/cm <sup>2</sup> ) et 0.01 µg/cm <sup>2</sup> pour la zone péri-orale (0.01 à 0.15 µg/cm <sup>2</sup> ) - Concentrations (moyenne géométrique) de GLY pour les surfaces de travail (après traitement): 2.06 µg/cm <sup>2</sup> pour les contenants de pesticides, 0.06 µg/cm <sup>2</sup> pour les volants de véhicule,	ante en comparaison à l'ingestion inadvertante, même si cette dernière contribue à la charge corporelle globale	la région péri-orale expliquent 40% de la variabilité des concentrations urinaires - L'ajustement des masques et équipements respiratoires durant les traitements peuvent être une source de contamination (transfert des gants sur la région péri-orale)

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					chez des horticulteurs. Le comportement (attitude de l'opérateur et les pratiques de travail) et l'utilisation d'EPI (incluant la réutilisation) et le contact avec les surfaces contaminées sont des déterminants importants pour l'exposition aux pesticides. L'ingestion par inadvertance est aussi un voie potentielle			taille des gouttelettes pour réduire la dérive. Travailleurs utilisaient des EPI pour toutes les traitements: gants (100% ou 29 travailleurs) combinaisons Tyvek (90% ou 26 travailleurs) et protections respiratoires (97% ou 28 travailleurs).	pour les mains) Gants utilisés par les travailleurs et lingettes pour surface de travail: après traitement			pour les mains) Gants utilisés par les travailleurs et lingettes pour surface de travail: après traitement												et 0.004 µg/cm2 pour les smartphones.

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					d'exposition pour les pesticides, mais elle a très peu été étudiée. But est d'évaluer les déterminants potentiels d'exposition suite à une exposition dermale et par ingestion inadvertante au GLY et la contribution de ces voies sur la charge corporelle du GLY chez des horticulteurs.																		
Connolly A	2017	Exposure assessment using human biomonitoring for glyphosate	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement	Irlande	Peu d'études sur l'exposition aux pesticides chez les	Juin à Octobre 2015	Horticulture d'agrément	40 traitements étudiés (1 traitement/travailleur)	Non	Non	Collecte de 2 échantillons d'urines (jusqu'à 50 mL) /	Conditions climatiques	Observations sur le terrain: - rédaction d'un journal des activités	Non	LC-MS/MS Glyphosate: LOD: 0.5 µg/L	Etude en champ	18 horticulteurs d'agrément (17 hommes	Temps (moyen) de traitement selon le matériel utilisé:	Glyphosate: Roundup Biactive XL (360 g/L), Pistol (250 g/L),	Non	Concentrations urinaires (moyenne géométrique)	- Travailleurs ayant fait une pause ont des concentra	

Référence				Méthodes													Résultats										
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres				
		te and fluroxypyr users in amenity horticulture	par Commissioners of Public Works in Ireland		horticulteurs, les travailleurs dans les serres, les fleuristes et les horticulteurs d'agrément. L'industrie de l'horticulture est diverse et est divisée en branche commerciale et en branche d'agrément (but ornemental et de récréatif). Les horticulteurs utilisent une grande variété de pesticides pour protéger les plantes d'intérieur			Tâches des horticulteurs pour traiter: achat des pesticides au magasin, préparer le produit à la bonne dose, remplir le réservoir du matériel pour appliquer le produit, sprayer et nettoyer le matériel après utilisation. 3 types de matériel pour traiter avec le Glyphosate: - atomiseur à dos manuel (10-15 l) - lance pressurisée connectée à un			travailleur : - background avant que le travail commence - dans l'heure suivante la fin du travail								Fluroxypyr: LOD: 0.1 µg/L		et 1 femme) - Atomiseur manuel: 40 min - Applicateur par gouttelettes contrôlées: 4 travailleurs - Lance pressurisée: 5 travailleurs - pulvérisateur à rampe: 5 travailleurs (40 mesures au total)	- Atomiseur manuel: 40 min - Applicateur par gouttelettes contrôlées: 81 min - Lance pressurisée: 133 min - pulvérisateur à rampe: 149 min (voir Table 2 pour tous les détails)	Destrol Amenity (250 g/L), Glyphos (360 g/L) et Rambo 360 (360 g/L) (1 part concentré pour 10 parts d'eau, utilisés pour la pulvérisation localisée, la pulvérisation des trottoirs et la bordure chimique des jardins) Nomix Dual (120 g/L) (solution pré-mélangée pour les trottoirs et contrôle total des mauvaises herbes) Fluroxypyr :		après traitement: 0.66 µg/L pour GLY et 0.29 µg/L pour fluroxypyr - Atomiseur manuel (GLY): 0.62 µg/L - Applicateur par gouttelettes contrôlées (GLY): 1 µg/L - Lance pressurisée (GLY): 0.57 µg/L - pulvérisateur à rampe (fluroxypyr): 0.29 µg/L	tions urinaires plus élevées (1.7 x) (EPI pas enlevés durant la pause) - Utilisation inconsistante des EPIs - Pratiques de travail (ajustement des buses durant le traitement) - Durée de traitement plus long pour le pulvérisateur à rampe - Petit volume de pesticides utilisés pour les horticulteurs (100 mL à 2l) - 89% des travailleurs réutilisent	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					ret d'extérieur et contrôler les nuisances et la croissance des plantes invasives ou mauvaises herbes. L'utilisation de pesticides en horticulture est différente en raison des doses utilisées de pesticides, le type de tâches, la fréquence d'application, pas de saison de croissance. Le glyphosate et fluroxy			atomiseur à dos motorisé - applicateur par gouttelettes contrôlées (similaire à un atomiseur à dos motorisé mais capacité de 5 l) est acheté avec une solution prémélangée (pas de tâches de préparation) et peut adapter la taille des gouttelettes pour réduire la dérive 1 type de matériel pour traiter avec Fluroxypyr : - pulvérisateur à											Synero (100 g/L) et Praxys (100 g/L) (1 part concentré pour 10 parts d'eau, pour les grands espaces verts)			leurs EPIs (gants, masques, combinaisons) - concentrations urinaires plus élevées lors de problèmes durant le traitement (ajustement des buses, fuites, changement de conditions climatiques, problèmes avec les EPIs)	



Référence				Méthodes											Résultats									
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					r (non cancérigène chez l'humain) sont deux herbicides communément utilisés en horticulture. But est de quantifier l'exposition interne des horticulteurs d'agrément au glyphosate (GLY) et fluroxypyr par des concentrations urinaires.			rampe (8 ou 16 m; 2-3 bar de pression) monté sur un tracteur. Travailleurs utilisaient des EPI pour toutes les traitements: gants (100% ou 29 travailleurs) combinaison Tyvek (90% ou 26 travailleurs) et protections respiratoires (97% ou 28 travailleurs).																
Costa C	2022	Assessment of Mancozeb exposure, absorbed dose, and	Pas de conflit déclaré	Sicile (Italie)	Usages très larges du mancozèbe (Mz): large spectre et coût limité.	mars 2019	Maraîchage sous serres	1) Traitement sous serres par du mancozèbe en granulés dispersible	11 patchs: surface totale 49 cm <sup>2</sup> , dont 5 extern	Non mesurée	Prélèvements urinaires et sanguins à la fin de la journée de travail. Mesure		Questions sur le travail, pesticides utilisés, cultures, durée travail, fréquence		Mesure de l'ETU	Observations et mesures sur des journées de travail réel	2 hommes pour les tâches de traitements et 17 femmes pour les	3 journées sur le terrain. Suivi de postes de 8h	Mancozèbe (patch) ETU urinaire (pour le Mz)	Calcul d'algorithmes pour la durée (nb de j /an et nb d'années). Prise en compte	Contamination réelle: applicateurs = 0,42 mg/j en médiane, et semeurs	Exposition chronique plus élevée chez les semeurs, car plus grand nombre	pas de mesure sur les mains... majorité de mesures lors du semis	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		oxidative damage in greenhouse farmers			Interdiction en 2021 en Europe... usages ailleurs. Métabolite ETU, aussi utilisé dans la vulcanisation du caoutchouc. Risques cancer, perturbation endocrinienne (Thyroïde) et neuro (Parkinson). Documenter les déterminants de l'exposition à partir de mesures externes + métabolites, dans des études en champ.			s FORUM (60% Mancozèbe), concentration finale 2,5 g/L, mais concentration moyenne 1.5 g/L? 500 m2 traités avec une lance, à environ 50 cm du sol, pendant environ 8h. Manipulation de semences traitées EPI pour traitement : bottes, gants nitriles, combinaison, masque EPI pour manipulation: gants nitriles et tabliers	es (sur le vêtement) et 6 sur la peau. Portés pendant toute la journée. Estimation des contaminations potentielles et réelles par extrapolation surface corporelle		des métabolites réactifs de l'oxygène (ROM) et du potentiel biologique antioxydant (BAP)		des traitements sur l'année, questions sur l'hygiène et la santé, Epi. Expositions aux agents chimiques en général. Symptômes. Tabagisme. Alimentation. ATCD médicaux, prises de médicaments				tâches de semis avec semences traitées 21 "témoins" non exposés pour comparaison des valeurs bio			d'une absorption du Mz de 26% et d'une AOEL ETU=0.002 mg/kg et d'une DJA de 0,004 mg/kg (pour les dosages urinaires) ...Estimation d'une exposition chronique	= 0,07 mg/j en médiane Excrétion urinaire ETU: 171.6 mg pour les applicateurs et 6.3 mg pour le semeurs	de jours (220 j vs 45j). Zone la plus contaminée=cou (non protégé par des vêtements).	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Damalas C	2016	Farmers' use of personal protective equipment during handling of plant protection products : Determinants of implementation	Rien de déclaré, financement inconnu	Grèce	Les PPP sont un danger, les EPI peuvent réduire l'exposition, mais ils ne sont pas portés suffisamment, ou bien portés. Les facteurs permettent d'expliquer cela sont encore insuffisamment caractérisés		Culture coton	Manipulation de pesticide	Non	Non	Non	Non	Oui, pour interview sur EPI		Non	Les participants ont été recrutés aléatoirement dans le bord de la Grèce à partir de listing fournis par des fournisseurs de matériel agricole. il faut manipuler les pesticides pour participer	N=148	NA	NA	Traitement des données statistiques selon diverses méthodes		Intoxication influence le plus positivement le port des EPI, suivi de la représentation du danger par les PPP, le niveau d'éducation, la formation sur les PPP et la taille de la ferme. L'âge agit de manière négative sur les port des EPI	23,6 % portent de manière systématique des EPI dans l'ensemble. Chapeau et bottes sont les EPI les plus portés. Pas d'EPI ne veut pas forcément dire pas sécuritaire, car pas forcément recommandé
Espanhol-Soares M	2017	Loss of effectiveness of protective clothing after its use in pesticide sprays and its multiple washes	Financé par São Paulo Research Foundation	Brésil	Dans les pays chauds, les vêtements de protection portés sont de nature poreuse, généralement en	Non renseignée	Citron / canne à sucre	Essais de vêtements de protection en coton enduits d'un enduit répulsif lors de pulvérisation en vergers de	Non	Non	Non	Non	Non	Mesure de la pénétration, rétention et répulsion de plusieurs formulations comme	Méthode de la pipette, ISO 22608	60 vêtements par culture disponibles, pour des temps d'utilisation différents/nombre de	Non applicable	7h de travail par jour par sujet portant les vêtements	Glyphosate, chlorpyrifos, cuivre.	-	-	Le lavage et l'utilisation détendent le tissu. Il devient plus épais avec le temps. La pénétration à travers le	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					coton. La pénétration, la répulsion et l'absorption doivent être mesurées pour caractériser leur efficacité.			citron (air blast sprayer), ou champ de canne à sucre (back pack sprayer). Ces tâches utilisent le vêtement en conditions réelles, son efficacité est ensuite mesurée en labo avec la méthode pipette ISO 22608						rciales, pures ou diluées		lavages (0-30). Comparaison de l'efficacité avec des vêtements lavés mais non utilisés.						vêtement augmente avec le nombre de lavage et d'utilisation, clairement pour 2 formulations sur 3. La pénétration est plus importante pour les formulations diluées que pour les pures. Les coutures laissent plus pénétrer que les matériaux.	
Flynn T	2021	Reducing dermal exposure to agrochemical carcinogens using a fluorescent dye-based intervention	Aucun déclaré Financement multiple : Universités et associations	Honduras	Agriculture de subsistance LMIC, agriculteurs les plus touchés par les effets des pesticides . Comment réduire	2017	Cultures variées et inconnues	préparation des bouillies et application avec un pulvérisateur à dos 18L; gants, manche longue, lunette de sécurité, 3M oily	Oui, ADE	Non	Non	Non	Connaissance et comportement	Non	UV	Participants autonomes, versent le marqueur dans le pulvérisateur, pulvérisent, et se rendent	14-25 hommes	Inconnue	Tinopal: marqueur fluorescent		Relatifs	Fuite réservoir pulvérisateur	Effet de la formation /intervention avec marqueur fluorescent semble être efficace pour réduire exposition cutanée, 3

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		ion among subsistence farmers in rural Honduras			leur exposition ? Effet de la sensibilisation par mesure d'exposition aux marqueurs fluorescents sur le changement d'exposition ?			mist respirators								au centre médical pour mesure Fluo							mois après intervention. Limite associée à l'usage non mesuré des EPI. Faible nombre de participants, saison différente, culture plus ou moins haute
Fustino S	2014	Biological monitoring of tebuconazole in winegrowers	Pas de conflit déclaré. Auteurs appartiennent à ICPS - Projet européen ACROP OLIS - Produits fournis par BAYER	Italie (Monferrato - Piémont)	Forte utilisation du tébuconazole sur les cultures en Italie. Cancérogène possible pour EPA, effet reprotoxique chez l'animal. Divers métabolites OH, COOH, glucuronidés	Mai à Juillet 2011	Vignes	Application avec un pulvérisateur porté sur tracteur ou avec pulvérisateur à dos (voir description Mandic-Rajcevic et al. 2015)	Oui (voir article de Mandic-Rajcevic): exposition potentielle par mesure corporelle et réelle	Non	Prélèvements urinaires 24 heures avant traitement, pendant l'application et jusqu'à 48 heures	Non	Age, taille, poids, tabagisme, formulation, concentration, méthode de préparation/chargement, surface traitée, dose/ha, matériel de traitement, entretien/réparation	Détermination de la cinétique d'élimination et corrélation entre la contamination cutanée et quantité	LC-MS/MS Tebuconazole LOQ 1,5 µg/L Tebuconazole-OH et COOH LOQ 0,3 µg/L	Etude en champs	N=8, effectifs variables selon les temps de recueil (3 travailleurs ont traité 1 jour, 3 travailleurs 2 jours et 1 travailleur 3 jours consécutifs) Non précisé	Voir autre article	Tebuconazole et ses métabolites	Non	Variables selon les métabolites urinaires: TEB-OH: métabolite urinaire majeur avec Cmax à 24h après application Concentrations urinaires TEB-OH (post 24h): en moyenne	Variation de la cinétique selon les individus Présence de tébuconazole dans les échantillons pré-traitement	Exposition mesurée après le 1er jour d'application: - Combinaison de coton: 188 µg (9 à 795 µg) - Mains: 230 µg (106 à 2020 µg) - Tête: 99 µg (20 à 1670 µg) - Totale: 712 mg

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					de, sulfate Même étude que Mandic-Rajcevic (2015) mais focus sur biomonitoring seulement									urinaire							53.7 µg/L (8 à 388 µg/L) Concentrations urinaires TEB-COOH (post 24h): en moyenne 18.3 µg/L (5.7 à 103 µg/L) Quantité totale de métabolite urinaire (U-TEBeq ou équivalent tebuconazole) corrigée par la créatinine (post 24h): 86.7 µg (11.7 à 326.3 µg)		(156 à 3680 mg)
Gao B	2014	Measurement of operator exposure to chlorpyrifos	Implication du Ministère de l'Agriculture dans les auteurs	Chine	Rappel des différentes bases d'évaluation des expositions à des fins	Juillet à Août 2012	Maïs à différentes hauteurs	Préparation par 8 travailleurs de 4 formulations différentes dans 16 l d'eau	Oui: vêtements en coton= casquette, sous-vêtements,	Oui: demi masque et pompe individuelle (2L/min) +	Non mesurée	Non	Non	Non	GC-FPD	Etude en champ mais avec un contrôle	2 groupes d'applicateurs: A=6 inexpérimentés, B= 8	NP	Chlorpyrifos EC, EW, WP, WG	Non	Présentation des résultats en séparant les deux groupes selon la hauteur	Exposition cutanée Moins de contamination pour les opérateurs expérimentés	Conclusion sur l'importance des EPI

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					réglementaires Mise en avant de la méthode corps entier Rappel des facteurs à prendre en compte: la taille des gouttes, la durée des observations (à standardiser), le type de matériel, la météo, hauteur de la culture,... En Chine 80% matériel = pulvérisateur à dos. Manque de données sur les scénarios chinois...			Application sur le maïs avec un pulvérisateur à dos (48 l appliqués, contenant 100 g de chlorpyrifos sur 667 m <sup>2</sup> ) Maïs de 3 hauteurs: <80 cm, 80-130, >130; rang 50 cm	sweat-shirt et pantalon, gants, chaussures (selon protocole US EPA) Découpage en 6 zones 5x5mm Essuyage du visage et du cou avec une solution détergente Lavage des mains dans 400 mL dans un bol en métal, avec frottement, puis rinçage	tubes OVS Débit respiratoire de 29L/min							expérimentés					du maïs et par zone du corps Mains correspondent à ~25 à 38% Exposition selon 4 scénarios: I) sans gants et sans vêtement, II) Sans gants, une couche de vêtement s, III) Gants une couche, Vêtement une couche, IV) Gants deux couches, Vêtement une couche	tés, Contamination augmente avec la hauteur du maïs et avec une moindre protection par les EPI <u>Exposition respiratoire</u> Plus de contamination pour les préparateurs. Pas tellement de différence selon la hauteur du maïs Discussion sur le type de support utilisé: valeurs moins élevées avec les XAD2 (positionnement du capteur?)	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					Cette étude intégrera le processus d'homologation				avec 100 mL														
Garrigu A	2020	Critical review of the role of PPE in the prevention of risks related to agricultural pesticide use																					
Garzia N	2018	Literature review: dermal monitoring data for pesticide exposure assessment of farm workers																	LLC				
Grimbuhl S	2018	Physiological Strain in French Vineyard Workers Wearing	Financement UIPP, sans implication dans	France	La culture de la vigne est une des cultures requérant le plus de	juin 2012	Viticulture	Réentrée palissage (trellising)	Non	Non	Non	Température, humidité	Interview non structurée après expérience	Température peau, battement cardiaque	NA	Travail en exploitation conditions normales	N=42 (6 par exploitation) 25 F, 17 M	71-120 min, tôt le matin	NA	NA	NA	HF estufamieux que Tychemieux que tyvek. Stress cardiaque	



Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		Protective Equipment to Conduct Re-Entry Tasks in Humid Conditions	l'écriture de l'article, l'analyse des données, le design de l'étude.		pesticides . Exposition possible durant manipulation de pesticides ou en rentrée. Pas de Vêtement de protection (VP) special agriculture. Avec climat humide et VP, inconfort stress thermique et coût cardiaque élevé, fatigue rapide. Objectif 1: trouver un VP supportable et Objectif 2: vérifier son efficacité de protection a																	dû au VP, pas aux sites différents, aux sujets différents, météo différentes... Tyvek mieux que Tychem : surprenant mais expliqué par la perméabilité qui devient un problème: entrée de l'humidité extérieure et confirmation de l'impact de l'environnement sur le confort ressenti (performance) avec le VP.	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					posteriori . Essais de 3 VPs (2 cat III et 1 non cat III)																		
Hamsan H	2017	Occurrence of commonly used pesticides in personal air samples and their associated health among paddy farmers	Pas de conflit déclaré	Malaisie	Importance de la consommation de riz en Malaisie. Connaissance en Europe sur les effets de santé, en particulier perturbation endocrinienne. Préoccupation vis-à-vis de la contamination respiratoire car considère qu'il y a une protection pour le reste du corps.	Déc 2015- Fév 2016: période d'application des pesticides	Rizières dans une zone fortement productive	Application de pesticides sur le riz EPI=Vêtements de travail, Gants, masque, chapeau à grands bords, protection respiratoire (en fait: plutôt un morceau de tissu devant les voies respiratoires, ou rien)	Non	Oui: échantillonage individuel d'air avec pompe 2L/min et tube XAD2	Non mesurée	Non	Questionnaires relatifs aux maladies respiratoires recommandés pour les adultes dans le cadre de la recherche épidémiologique (Ferris 1978) Enquête sur l'utilisation des pesticides - Viêt Nam Données personnelles, habitudes de vie, données professionnelles, utilisations de pesticides,	Non	UHPLC-MS-MS MDL (Limite de détection moyenne): 0,1 à 1 ng/échantillon selon la substance MQL (Limite de quantification moyenne): 0,5 à 2,5 ng/échantillon		83 riziculteurs: applicateurs, ayant une exposition respiratoire chronique, 18-60 ans sans antécédents personnels ou familiaux respiratoires	En moyenne 2h/j (à noter que les traitements se font le matin et pendant moins de 3h)	Détection de pesticides dans les protections respiratoires, jusqu'à 13 molécules différentes. Molécules les plus fréquentes =tricyclozole, tebuconazole, chlorantraniliprole, isoprothiolane, trifloxystrubin, difenoconazole, fipronil, pretilachlor, pymetrozine, imidacloprid,	Utilisation de ADD (Daily Average Dose en mg/kg) en prenant en compte un taux d'inhalation de 15,3 m3/j, une fréquence de 243 j/an, la durée d'exposition de 21 jours ADD= ((Cair)x[15,3 m3/j]x[243 j/an] x nb années)/(poids x temps moyen), puis calcul du rapport	Concentration moyenne le +: pretilachlor: 107 ng/m3 le -: imidacloprid 19 ng/m3	Douche et changement de vêtement quotidiens, mais 91,6% n'utilisent pas d'EPI recommandés = vêtement de travail longs, gants, bottes, masque facial, chapeau large bords...Mais en fait non portés en raison de l'inconfort, sensation d'étouffer	Pas de dépassement /ADD donc conclusion à l'absence de risque Aucune donnée sur la contamination cutanée

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
													données de santé						propiconazole, buprofezin, azoxystrobin	vis à vis de AOEL				
Han R	2020	Tracking pesticide exposure to operating workers for risk assessment in seed coating with tebuconazole and carbofuran	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Soutien d'un programme R&D chinois	Chine	Intérêt de l'enrobage de semences, y compris pour diminuer le nombre d'applications de pesticides	NP	Pas de données chez les agriculteurs	Enrobage de semences de maïs dans deux usines 3 types de travailleurs = enrobeurs, conditionneurs, transporteurs	Oui: combinaisons découpées en morceaux de 1 cm2	Non mesurée	Non mesurée	Non	Non		HPLC LOQ: 0,36 mg/L pour le carbofuran et 0,33 mg/L pour le tebuconazole		Aucune info		Carbofuran et tebuconazole			<b>Enrobage de carbofuran: dépassement de l'AOEL</b>		
Illyassou KM	2018	Exposure assessment of operators to pesticides in Kongou, a sub-watershed of Niger River valley	Laboratoire phytopharmacie en Belgique et laboratoire nigérien, pas de conflit d'intérêt et financement développement	Niger (proche de la capitale)	Horticulture importante pour le Niger et utilisation croissante de pesticides "qui posent problème si usage inapproprié! Fermiers nigériens		horticulture, sélection via une coopérative de 2300 horticulteurs, équation pour justifier le nb interrogé pour être représenté	pulvérisateur à dos Manuels et toutes infos nécessaires pour utiliser le modèle UK-POEM	Patches (n=13 nuque et cou en plus) attachés sur une combinaison Tyvek Rien pour les mains ?	Non	Non	Non	Oui, données démographiques, types de pesticides utilisés, type de pulvérisateur, quantités, EPI, etc. Hygiène avant, pendant et après traitement	colorant traceur	Colorimétrique (absorbance)	Expérimental (5 avec pulvérisateur à mains de 0,28 L et 5 avec pulvérisateur à dos de 16 L) et 2 hauteurs 0,5 et 1 m pendant 10 min.	100 interrogés par questionnaire puis 50% interrogation supplémentaire sur leurs pratiques? Pour compléter modèle UK-	Séquences de 10 min	Colorant tartrazine: 15 g/L dans le pulvérisateur. Mais beaucoup de pyréthroides, d'organophosphorés et de néonicotinoïdes. 50% produits	Algorithme	Colorant traceur	Quasi tous les utilisateurs sont illettrés et 50% des produits utilisés ne sont pas autorisés. Seulement 2% utilisent tous les EPI, masque utilisé plus		

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
			pement durable		ne sont malheureusement pas informés des bonnes pratiques " et pas de données sur la santé des agriculteurs nigériens		tatif (n=100) ?!										POEM et 10 avec patchs et colorants . 50 interrogés, 47 hommes, quasi tous illettrés (n=46/50 )		déclarés non autorisés.			fréquemment (20%)	
Jiang W	2016	Harvesters in strawberry fields: A literature review of pesticide exposure , an observation of their work activities , and a model for exposure prediction	No conflict of interest . The opinion expressed in this article are those of the authors and do not reflect the view of California Department of	US-California	Culture de fraises: US au 1er rang mondial (30%), et 92% en Californie . 172 matières actives autorisées sur fraises en 2014. La récolte implique de longues semaines de travail (60h) Variabilité	2013	Fraisiculture	Récolte manuelle trois jours après le traitement	Oui, gants collecteur en nitrile. Recueil à la pause du matin, midi et pause après-midi	Non	Non	Oui, DFR à partir de 6 échantillons par jour contenant chacun 40 disques de feuilles (surface = 400 cm2)	Non	Observation des activités, mesure temps contact avec feuillage - réalisation de vidéos pour la mesure du temps de contact	GC-ECD	Observation de terrain sur journée entière de travail	N=32 travailleurs de 5 équipes, observés sur une journée chacun	308-565 min correspond à la récolte de 176 à 400 kg de fraises	Captane (et THPI)	Oui, relation temps de contact foliaire avec 1 ou 2 mains sur une journée (calculée à partir du temps de contact observé sur une journée - avec vérification de la stabilité au cours de la journée) avec	8,5-14 mg	Contact foliaire plutôt associé à la productivité (quantité de fraises récoltées) qu'au temps de travail. Peu d'influence sur le temps de contact de l'utilisation de gants, de l'expérience du travailleur, du sexe	Revue de la littérature sur les expositions lors de la récolte des fraises: 7 études avec valeurs DFR rapportées dans un tableau

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
			Pesticide Regulation.		important des transferts ou exposition rate selon études. revue de littérature pour fabriquer un modèle et observation de l'Activité + vérification du modèle																		productivité et temps de travail quotidien	
Kapeleka JA	2019	Biomonitoring of acetylcholinesterase activity among smallholder horticultural farmers occupationally exposed to mixtures of pesticides in Tanzania	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Tanzanie (régions = Iringa et Arusha)	OP et carbamates décrits comme les pesticides les plus utilisés, et ayant des effets neurologiques et sur la reproduction. AchE est un biomarqueur utile, mais avec des différences	NP (Recrutement basé sur les registres de population de 2012)	Production horticole dans des petites fermes (taille pas mentionné et pas dans les critères d'inclusion/exclusion)	Les agriculteurs devaient manipuler des pesticides et travaillé dans des champs traités la semaine avant l'étude, et/ou avoir désherbé/récolté. Le groupe de comparaison	Non	Non	Mesure de l'AChE érythrocytaire et plasmatique (correction sur l'Hémoglobine) Inhibition si entre 24,5 et 31,3 U/g Hb Inhibition sévère <24,5	Non	Questions sur la santé (symptômes possiblement en lien avec l'inhibition de l'AchE N=38), les pesticides utilisés, les pratiques, la fréquence des applications, la surface traitée, l'utilisation	Non	Correction de l'inhibition AchE sur le taux d'Hb	90 agriculteurs et 61 non exposés avec le même niveau socio-économique, même zone de résidence (=employés de bureau, commerçants) Question	7 hommes volontaires (40 à 51 ans): dont 5 avec repas dupliqués et un collectés deux fois. Plusieurs jours pour chaque individu avec repas dupliqués	NP et pas de données d'observation rapportées	Organophosphorés et carbamates: insecticides et fongicides (familles chimiques utilisées en horticulture en plus de OP (97.6%) et carbamate (54.1%): substitut du benzène	Non	Activité AchE Agriculteurs=28,05 U/gHb - non agriculteurs=32,87 15,6% des agriculteurs <24,5 Plus de symptômes rapportés chez les agriculteurs: 41% rapportés	Niveaux plus bas chez les femmes (désherbant et récoltant) Niveaux plus bas si BMI faible (et chez les obèses), chez les jeunes et les plus âgés Pas de lien clair avec les années	Non	

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					es interindividuelles. En Tanzanie, AchE a été étudiée dans les cultures traditionnelles, le café, le thé, les fleurs, le coton, mais pas toujours avec des groupes témoins. But de l'étude est de comparer les expositions aux pesticides en mesurant les concentration d'AChE et les déterminants d'exposition chez les			devait pas avoir manipulé de pesticides ou travaillé au contact récemment EPI: partiellement portés (7% pour les gants et 10% pour le masque), essentiellement des bottes - mais pas d'influence sur inhibition AChE					d'EPI, les comportements à risque, données sociodémographiques, habitudes de vie (alcool, tabac), BMI,...			naire et observations de terrain	s (2 à 4 jours pour un total de 16 jours) et urines pour 1 à 3 jours de traitement pour un total de 9 jours de traitement et pour 0 à 3 jours avec mesure cutanée aboutissant à 12 jours avec mesures cutanées		(34.6%), pyréthroides (9% seuls, sans mélange avec OP (28.8%) ou nitroimidazole (8.6%)), avermectine (28.1%), fongicide inorganique (13.4%), dithiocarbamate (19.5%), organochlorés (8.9%), oxadiazines (4.1%), conazole (2.1%), acide propionique (1.7%)		nt entre 10 et 19 symptômes (vs 27,6% chez les non exposés) et 27% 20 symptômes et plus. Fatigue (72%), Douleurs articulaires (59%), soif (57%), maux tête (52%)...symptômes leurres pas davantage rapportés		d'expérience/pesticides Rôle de la durée de travail/jour Pas d'influence des habitudes de vie	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					horticulteurs petits propriétaires (pas de définition ni taille de l'exploitation).																		
Kennedy MC	2015	Testing a cumulative and aggregate exposure model using biomonitoring studies and dietary records for Italian vineyard spray operators	Deux entreprises privées (FERA en GB et Biométrie en hollandaise dans le cadre du financement européen ACROPOLIS et agence alimentaire UK). Pas de conflit d'intérêt déclaré, "transparency document" à	Italie (Piémont choisi car grande quantité de tébuconazole)	Règlement 1107/2009 de l'UE prévoit d'estimer le cumul d'exposition aux pesticides, développement du concept de produits différents mais avec même mode d'action CAG (Cumulative Action Group) et projet européen ACROPOLIS (Aggregate	2011	Viticulture	Application	Oui, whole body method (combinaison et sous-vêtements en coton + casquette) et patches + lavage des mains	Non car considérée comme mineure	Oui, urines de 24h la journée avant l'application et les 24 à 48h suivantes. Deux métabolites du tébuconazole recherchés (hydroxy et carboxy)	Non	Oui avec médecin du travail comme observateur	Aliment par dosage dans plats dupliqués	UHPLC-MS/MS, LOQ pour aliments 1µg/kg	Observation			Tébuconazole	Modèles comparés aux données de terrain	Modèle prédit une dose moyenne de 1,77 µg (+/- 1,96) de substance active par jour et kg de poids corporel et la mesure moyenne urinaire était de 1,73 (+/- 1,31). Pour l'exposition réelle cutanée (ADE), elle était de 900 à 37 000 µg/kg de tébuconazole	Sans objet mais échec de la validation du modèle avec si peu de données et une très large variabilité des résultats obtenus chez les opérateurs... Ils considèrent que 10% de pénétration utilisée dans le modèle European est plus proche de la réalité car plus	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
			retrouver sur site éditeur.		e and Cumulative Risk Of Pesticides : an On Line Integrated Strategy) pour faire cela en s'inspirant de ce qui a été fait par l'EPA en 2002. Développement modèles et confrontation à des données de terrain en viticulture. Premiers CAG étudiés concernent les Organophosphorés par mesure des DAPs (dialkyl phosphates).																utilisé. de 70 g à 1,5 kg utilisé.	proche du niveau mesuré dans les urines mais en fait plus faible que celui mesuré (1,5 à 2 fois plus faible).	



Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					Plusieurs modèles utilisés dont German modèle, Européen et acropolis.																		
Kim E	2015	Probabilistic Exposure Assessment for Applicators during Treatment of the Fungicide Kresoxim-methy on an Apple Orchard by a Speed Sprayer	Pas d'intérêts financiers concurrents. Université Coréenne financée.	Corée	Pomme culture importante en Corée. Mise en avant de l'intérêt de l'approche probabiliste versus déterministe	Non précisé	Vergers de pommier	Préparation + Pulvérisateur avec speed sprayer Vêtement de protection (VP): SP Protective Kleenguard	Oui, Patch en TLC paper + gants + chaussures coton + masque coton pour visage. Pour préparation, seulement des gants. Patches à l'extérieur du VP.	Oui, tubes XAD + filtre	Non	Température, humidité, vitesse vent	Non	Non	Extraction matrice méthanol, analyse HPLC DAD 220 nm (mLOQs 2.5, 15, 15, 15, et 0.05 µg pour les patches, gants, chaussures, masques, et XAD-2 resin)	Étude en verger, contrôlée. Faible surface pulvérisée. Détails dans un tableau de la publication: terrain maîtrisé. Exposition multiples pour évaluer les risques.	Un replica= 2 préparations ou 2 pulvérisateurs de 500 L. 30 replicas.	1 préparation = 9-18 min. 1 traitement par pulvérisateur=24-48 min pour 0,2 ha.	Kresoxim-methyl WG 50 % en pack ?	Oui: simulation monte carlo pour exposition probabiliste et calcul MOS. PDE fournie de 6,5 mg/jour pour préparation, 174,7 mg/jour pour application. Calcul de ADE à partir du taux pénétration 1 et 10 % pour vêtement, et 0,3-13 %	Préparation: 0,7 mg pour mains seulement (0,0005% AI manipulé), 17,5 mg pour cutané après pulvérisateur (0,01%). Cuisse, tibia, poitrine+ abdomen ont le plus d'influence sur l'exposition lors de l'application. 6,8 ng pour inhalation.		



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					principalement utilisé, notamment sur culture légumière . 1/3 des Thaïs travaillent en agriculture.			eur à dos, motorisés (25 l) ou à batterie (16 à 20 litres). En moyenne volume de 0,24 litre pulvérisé. Manches longues (91%), shorts (65%), bottes (7%), gants (9%).													au vent. Pas de modèle multivariable pour exposition cutanée ou urinaire.	(54% positives le matin avant ttt et 83% le soir et 63% le lendemain matin) Pas de différences entre les urines de la veille et jour J. Augmentation à J+1	cutanée. Pas de lien entre contamination respiratoire ou cutanée et mesures dans les urines. Position par rapport au vent. Type de vêtements : facteur 15 sur les bras entre manches longues/courtes, <facteur 2 sur les bras selon port de gants, facteur 3 pour les jambes entre pantalon et short, facteur 4 pour les jambes si bottes/pas de bottes.	avec un pulvérisateur à pression manuelle.
Lamogli SK	2017	Assessing human	rien de mentionné	France	La mise en oeuvre	2003-2015	3 sites. Blé	NA	NA	NA	NA		NON	NON	NON	Pure exercice	NA	NA	celles effectivement	Modèle browse	Introduction d'un	Par exemple,		

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the {BROWSE} model	nné, financement ANR et Ecophyto		de nouvelles approches agronomiques menant à une réduction de l'utilisation de pesticides doit être évaluée avant d'être mise en oeuvre à grande échelle afin d'assurer son adoption et éviter de futurs problèmes (économiques, sociaux, environnementaux). Ce papier rajoute l'exposition humaine aux		d'hiver, tournesol, colza sous différentes pratiques (rotation, labour réduit, désherbage mécanique...)									de modélisation à partir de données réelles de pratiques agricoles			ent utilisées sur les parcelles ayant permis de recueillir des données terrain pour le modèle	pour estimer expo des opérateurs, travailleurs, résidents, bystander court et long terme	human risk index, qui montre des valeurs supérieures à 100 % selon certaines modalités pour l'opérateur. Sur la base d'un croisement de données déjà acquises sur la rentabilité, il est suggéré des mises en pratiques de système innovants plutôt que d'autres	low input maize monoculture meilleur que maïs monoculture. Pour colza + céréales, pas de solution flagrante	

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					pesticides et risques associés. Il se concentre sur 3 systèmes de culture conventionnels et innovants.																		
Lapphapat S	2014	Health risk assessment related to dermal exposure of chlorpyrifos: a case study of rice growing farmers in Nakhon Nayok Province, Central Thailand	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Thaïlande	Le riz est une culture majeure pour la Thaïlande, avec 3 à 5 récoltes tous les deux ans. Les agriculteurs pensent qu'ils accroissent les rendements en augmentant les doses et multiplient les produits. Le chlorpyrifos est	Octobre 2012 à Janvier 2013	Rizières - au cours de la saison de traitement	Pulvérisateurs à dos	Patchs cutanés en coton 10x10 sur 7 zones sur et sous les vêtements	Non	Non	Non	Questions sur les données sociodémographiques, problèmes de santé, expositions aux OP (nombre de fois/j, semaine, mois, année; durée), EPI, BMI	Non	Chromatographie Gazeuse - FPD LOD=0,001 mg/kg LOQ=0,02 mg/kg	Transversal, étude en champ	35 riziculteurs dont 21 hommes et 14 femmes	NA	Chlorpyrifos	Calcul de ADD= average daily dose, prenant en compte l'absorption cutanée, la fréquence de l'exposition, le nombre d'années, nb de j/an Calcul de HQ= hazard quotient, soit le rapport de ADD sur RfD	Symptômes rapportés = vision trouble (14%), vertiges, maux de tête (9%) Protection essentiellement par un vieux vêtement sur le visage et la tête Parfois bottes en caoutchouc, ~pas de gants	Pas de calcul corps entier, seulement discussion de la quantité de résidus sur les différents patches. Chez les hommes = résidus plus élevés sur les jambes (et moins élevés sur la poitrine) Chez les femmes = résidus les plus élevés sur la poitrine	Dépassement de la RfD Sur la base des réponses aux interviews des agriculteurs: - Durée d'exposition moyenne de 12.5 années chez les H et 16.7 chez les F - Fréquence moyenne de 52.1 jour/an chez les H et 57.7

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					considéré comme d'intérêt. Un des buts de l'étude est d'évaluer l'exposition journalière des cultivateurs de riz aux chlorpyrifos.															(référence dose) Pour chlorpyrifos RfD=0,0015 mg/kg.j		(au-dessus des vêtements) ADD plus élevée chez les femmes (durée d'exposition plus longue)	jours/années chez les F
Lari S	2022	Assessment of occupational exposure to pesticides among farmers using dosimeter and hand washing methods	Pas de conflit déclaré	Inde du Sud (Rangareddy - Telangana)	Rappel de la situation dans les Pays en voie de développement: EPI trop chers et pas adaptés au climat. Pas les mêmes règles de mise sur le marché. Pb des intoxications aiguës. Intérêt	Au sein d'une étude plus large de 217 travailleurs agricoles, tirage au sort de 6 opérateurs	6 opérateurs (hommes): Tomates N=1 Aubergine N=1 Gombo N=1 Coton N=3	Opérations de traitement sur ces cultures pour des durées de 20 à 80 min avec des pulvérisateurs à dos EPI fournis et à porter 90j avant les observations: combinaison Tychem, Gants de sécurité, gants nitriles, respirateur	10 Patches 10x10 cm sous les EPI, analysés en 3 zones (poolés) Essuyage avec de l'éthanol: front, cou, visage	Pas estimé	Pas estimée (à venir dans une prochaine étude plus large)	Non	Type et quantité de molécules lors de l'observation, nombre et durée des phases, vêtements, EPI, Hauteur de la culture, Surface, Incidents, météo (température, humidité, vent), précautions, réentrée, événements divers...	Non	Chromatographie liquide, spectrométrie de masse LOD de 0,5 à 1 ng/mL LOQ 1 à 5 ng/mL	Observations de terrain (2.66 acres en moyenne de surface de terre)	6 hommes (de 35.2 ans en moyenne avec 16.2 ans d'expérience en moyenne)	entre 15 et 60 min en tout (ensemble des phases) Matin de 7h à 10h quand la température est relativement fraîche	OPs: acephate (tomate), chlorpyrifos (coton), monocrotophos (coton), profenofos (aubergine et coton), quinalfos (okra), triphenyl phosphate		0.07 à 53.2 µgrammes de résidus dans le lavage des mains (partie la plus importante: 62%) Ensuite torse est la partie la plus contaminée, devant les bras, le visage et le cou. Variation	Beaucoup d'"incidents" au cours de ces tâches	Mélange à mains nues pour 5 opérateurs. Soufflent dans les buses. Signalent une réentrée avant 2 jours dans leurs champs. Pas de lavage. Vêtements pas changés

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					d'étudier les niveaux d'exposition et les déterminants, en particulier les EPI. But est d'identifier les paramètres influençant l'intensité d'exposition aux OPs selon les différentes activités des travailleurs sur la ferme, mesurer l'exposition cutanée durant les traitements et évaluer la protection des EPIs.			r, bottes pulvérisateurs à dos avec des lances Traitement le matin Pas de port d'EPI spontané (sauf mouchoir sur le visage pour un)	le poste et après le poste) dans des sacs en plastique avec éthanol 70% (+ hydratation des mains ensuite)												de la pénétration sous EPI en fonction des zones du corps		

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
									de la marge de sécurité par rapport à l'AOEL, en estimant la pénétration cutanée. Estimation si pas de port d'EPI.														
Lee J	2018	Whole body dosimetry and risk assessment of agricultural operator exposure to the fungicide kresoxim-methyl in apple orchards	Rien de mentionné. Support de Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No.PJ009948), National	Corée du Sud	Exposition professionnelle aux pesticides préoccupante majeure. Pomme fruit très consommée en Corée. Mesure exposition cutanée et respiratoire travailleur	Non précisé	Vergers de pommiers	Préparation + pulvérisateur (sans cabine) speed sprayer vêtement de protection (VP) coton/polyester	Oui, Whole body method, Actual dermal exposure (ADE) + Potential dermal exposure (PDE), mains (lavage + gants), lingette	Oui, IOM sampler	Non	Température, humidité, vitesse du vent	Non	Non	Extraction acétonitrile ou OT 75 selon échantillon. Analyse HPLC/DAD (LOQ 0,1 mg/L) ou HPLC MS/MS (0,005 mg/L) selon échantillon	Pulvérisateur sur 3 ha, encadrée, filmée: personnes expérimentées (5-30 ans). Aucun comportement inhabituel observé, comportement similaire des	n=1 pour préparation, n=10 pour pulvérisateur. 10 réplicats, mais pas clair.	Préparation environ 30 min, pulvérisateur 63-93 min.	Kresoxim-methyl WDG 50 %	Calcul d'un indice de risque (AOEL, BW, ADE, AIE..) basé sur 10000 L de solution préparée et manipulée (VS 3000 L pour la mesure d'exposition).	Préparation: 9,7 mg (ADE + PDE) ou 0,002% ; pénétration 0-10,2 % pour VP, 2,7 % pour gants; inhalation négligeable devant cutané. Pulvérisateur: 66,5 mg (ADE + PDE) ou 0,009%		



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
			Il Academy of Agricultural Science.		rs de vergers durant préparation et pulvérisateur avec speed sprayer.				es pour cou et visage.						(performance dans Lee et al 2017).	travailleurs.						appliqué; pénétration 0,1-1,3 % pour VP, 9,9 % pour gants. Distribution corporelle de l'exposition à partir de PDE différente selon préparation ou pulvérisateur.		
Lee J	2022	Occupational exposure and risk assessment for agricultural workers of thiamethoxam in vineyards	Pas de conflit déclaré - Financement par l'académie d'agriculture.	Corée	Positionne la méthode des combinaisons comme plus fiable. Introduit la notion de Marge de sécurité (MOS) Choix de la mesure d'un néonicoti	NP	Viticulture	1) Préparation et Application: opérateur préparait la suspension de pesticides pendant environ 30 min (Atara WG 10% (250-500 g) dans 500-1000 L d'eau)	Combinaison et sous-vêtements (découpsés en 11 zones), patches (100 cm <sup>2</sup> ) pour tête et mains et	Filtres en fibres de verre et tubes absorbants (ORBO 609 Amberlite XAD2 Pompe 2L/min	Biomonitoring urinaire du thiaméthoxam et de ses métabolites (glucuronides) 24 h après traitement Collecte de toutes les urines depuis le début du	Lors des activités de préparation et d'application, les conditions climatiques ont été enregistrées toutes les 30	Non	Non	LC-MS-MS pour les prélèvements externes; mLOQ= 0.005 mg/L UHPLC-MS MS pour les urines; mLOQ= 0.002 mg/L -	Observations sur 1 ha pour 11 travailleurs Les activités de travail ont été enregistrées sur une feuille et des photos ont été prises.	11 (hommes?)	Préparation = 30 min Application entre 53 et 105 minutes	Thiamethoxam (néonicotinoïde). ATARA WG 10%	Extrapolation à 4h de travail par jour	Préparation: 0,163 mg en moyenne, 95 % de la contamination cutanée sur les mains, devant le torse. Pas de contamination respiratoire. Pas de	Mesure météo (température, hygrométrie les 30 min.). Pas d'analyse à proprement parler des facteurs associés. Les mains et tibias étaient les parties les plus	Corrélation exposition externe - métabolites urinaires (2 CTCA), r=0.885 Absorption cutanée considérée = 10% Risque prenant en compte l'AOEI et l'absorpti	

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					noïde But est d'évaluer l'exposition des travailleurs en vigne au thiamethoxam par voie cutanée par différentes techniques (incluant le WBD,whole body) et par inhalation (pompe IOM) et de comprendre leur corrélation pour déterminer quelle approche est la meilleure pour estimer l'exposition.			2) Pulvérisateur à dos: travailleurs sprayait pdt 75-212 min sur 1 ha Chaque scénario a été répliqué 11 fois	gants en nitrile. Mains et gants rincées avec 1l de solution de détergent à 0.01% à la fin des phases. Essuyage du visage et du cou.		traitement jusqu'à 24 h après l'application.	minutes par un thermohygromètre			Ajustement sur créatinine.						pénétration sous la combinaison. Application: 32,3 mg en contact externe et 3,2 mg sur les sous-vêtements. Respiratoire: 10,8 µg.	exposées des travailleurs.	on = 0% à la préparation et 1% à l'application.

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Lee J	2022	Potential exposure and risk assessment of agricultural workers to the insecticide chlorantranilipole in rice paddies	Pas de conflit déclaré. Etude soutenue par le gouvernement coréen.	Corée du Sud	Augmentation des quantités utilisées et de la durée d'utilisation des pesticides en Corée. Usage important dans les rizières, en particulier d'insecticides, devant les herbicides puis les fongicides et acaricides . Chlorantranilipole = insecticide (anthranilic diamide), rapporté comme peu toxique pour les mammifères - mais	Début août 2016	Rizières	Préparation (10 réplicats avec un travailleur préparant entre 1000 et 3000 L) Application : 10 opérateurs avec un pulvérisateur à dos	Combinaison interne et externes, gants en nitrile, essuyage de la tête et du cou	Pompe individuelle équipée de filtre en fibre de verre et tubes ORBO XAD2 2L/min	Non mesurée	Pas de mesure de résidus foliaires	Pas de questionnaire	Non	UHPLC-MS/MS	Observation en champ	11 personnes en tout mais réplicats : 1 personne pour la préparation et 10 personnes pour l'application		Chlorantranilipole, poudre mouillable à 4% PREBATON	Calcul du 75e percentile Hypothèse d'une durée de travail de 4h/j Comparaison à l'AOEL	préparation =0,6 mg de contamination cutanée totale (rien sur les dosimètres internes) dont 0,5 mg sur les mains - Inhalation = 7,3 µg Application =28,6 mg - Inhalation = 1,9 µg	Mesure des paramètres météo Contamination du bas du corps avec pulvérisateur à dos, les mains ne sont pas les plus contaminées Pénétration des vêtements entre 1,2 et 10,6% partie haute et 40 à 44% bas du corps - 0% pour les gants	Marge de sécurité supérieure à 100: conclu à suffisament de sécurité

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					risques de blocs atrioventriculaire chez l'humain																		
Lesmes Fabian C	2015	Dermal exposure assessment to pesticides in farming systems in developing countries: comparison of models	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financé par Swiss National Science Foundation	Colombie	Les pesticides sont beaucoup utilisés et un grand nombre d'empoisonnements arrive, particulièrement dans les pays en voie de développement. La connaissance de l'exposition est cruciale pour évaluer les risques, notamment dans la culture de la pomme de terre en		Pommes de terre	Préparation, pulvérisation, nettoyage. Recherche d'un modèle permettant d'évaluer l'exposition professionnelle aux pesticides dans la culture de pommes de terre selon certains critères.	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Comparaison des modèles à travers les déterminants de l'exposition inclus dans le modèle, le côté qualitatif/quantitatif du modèle. Un système de cotation multicritères est proposé.	-	-	Metamidophos	Voir colonne S	-		Les modèles DERM, DREAM and PFAM semblent les meilleurs pour l'Agriculture dans les pays en voie de développement

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					Colombie																		
Li Z	2019	Effect of spraying direction on the exposure of handlers with hand-pumped knapsack sprayer in maize field	Pas de conflit d'intérêt financier. Tous les auteurs appartiennent à l'académie d'agriculture chinoise	Chine (5 zones différentes - par leur climat)	75% des traitements se font avec un pulvérisateur à dos. La dispersion dans l'air des pesticides dépend de la hauteur des cultures, mais aussi météo, EPI (?), type de culture. A priori lien entre hauteur des cultures et contamination, et	NP	Maïs à différents stades et donc différentes hauteurs : <80 cm, 80-130 cm, > 130 cm	Application avec des pulvérisateurs à dos manuels	Méthode de corps entier avec deux combinaisons en coton superposées, découpées en 6 parties (troncs avant/arrière, bras, avant-bras, jambes et cuisses) puis seulement morce	Pompe avec des tubes OVS - XAD2	Non	Non	Météo, matériel, débit pulvérisateur	Non	PL: Non renseignées GC - FPD LOD=0,03 mg/L	Semi-expérimental en champ (3 hauteurs de maïs, 5 régions et 24 observations par région et 8 par hauteur)	N=120 applicateurs par hauteur de maïs donc total de 24 dans chacune des 5 provinces	NP (667 m2 à traiter, 100 g chlorpyrifos ds 48 l d'eau)	Chlorpyrifos (donné par Dow) - standardisation des quantités = 100 g de chlorpyrifos dans 48 l pour 667 m2 de maïs)	Non	Expression des résultats en unités d'exposition (rapportés à la quantité manipulée). Important contamination des mains. 392 à 3940 mg/kg quantité manipulée pour la voie cutanée et 5 à 24 mg/kg pour inhalation	Variation de la contamination totale et des zones contaminées avec la hauteur du maïs, la direction du jet (droit= mains, avant-bras et cuisses, vers le bas= jambes, vers le haut= maïs et membre sup), le comportement de l'applicateur, la région	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					aussi avec les zones du corps contaminées. En particulier pour les pulvérisateurs à dos.				aux de 5 mm sur 5 mm analysés. Exposition du visage et du cou (éponge de 8 couches de gaze avec liquide OT), gants et chaussures en coton, deux couches de casquettes, eau de lavage des mains (500 mL, 30 sec)													climatique Effet EPI portés (pas clair dans le texte)	
Lopez-Galvez N	2020	Évaluation imidacloprid	Pas de conflit d'intérêt	Mexique (Etat de)	Les néonicotinoïdes ont pris	2016 (hiver et été)	Une grande exploitation	Travail dans les vignes, sans	Essuage des mains pendant	Tubes XAD2 reliés à une	Dosages urinaires le lendemain	Mesures élaborées de	Entretien en face à face en espagnol:	Non Mesure de l'exposition	Air: HPLC-MS/MS LOD 0,5	Etude en champ	20 travailleurs des vignes,	NP	Imidacloprid (et autres néonicotins)	Non	Détection d'imidacloprid dans 75%	Dépassement des valeurs de stress	Rôle de la température particulier

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthodes analytiques (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
		exposure among grape field male workers using biological and environmental assessment tools: an exploratory study	déclaré. Lien avec CDC.	Sonora)	une place importante (25% du marché des insecticides en 2014), pour remplacer OP et pyréthrinoides, mais soucieux pour la santé de l'humain (Parkinson? Reproduction?) et des écosystèmes. Molécule phare=imidacloprid, inquiétudes aussi pour les métabolites. Mesures dans les urines: élévation dans les populations			tâches d'application, et 5 jours après un traitement réalisé au sol par un système de goutte à goutte en été et en hiver (délai de réentrée usuel = 24 h).	30 secondes avec isopropanol à 70% avant lavage des mains	pompe individuelle 1 L/min, avec prélèvements sur une durée de 8h	6 molécules: acetamidoprid, clothianidine (également métabolite de thiamethoxam), imidacloprid et 2 métabolites = 5-OH-IMI et acetamidoprid-N-desmethyl	Collection de la première urine du matin seulement Plus de détails sur la collecte des urines dans Lopez-Galvez et al. (2018)	la température dans l'environnement immédiat à l'aide d'un capteur et mesure du stress lié à la chaleur	expérience en agriculture, temps de travail, connaissance des pesticides appliqués, formation aux pesticides et aux EPI, âge, niveau d'études, état/ville d'origine, langues parlées	exposition au stress thermique: - moniteur portable de la température pendant toute la journée et de travail des participants lorsqu'ils étaient en champs (WBGT, wet-bulb globe temperature) - Estimation du taux métabolique (ACGIH guidelines)	µg/m3 LC-MS/MS  Urines: LOD 0,03 à 0,3 µg/L  <b>Essuyage</b> LOD=0,01 µg/échantillon		migrants, hommes		oïdes dans les urines)		des échantillons 0,05 à 70 µg/essuyage. Pas de détection dans l'air Détection d'un métabolite de l'imidacloprid 5-OH-IMI dans 95% des échantillons et imidacloprid dans 65% des urines (0,05 à 3,90 µg/g creat) Chlothianidine dans 40% des urines	pour la chaleur l'été (recommandations ACGIH) Formation aux EPI = niveaux plus bas, cependant personne n'a porté des gants Langue et niveau d'études associés au niveau de métabolites urinaires Chaleur associée au niveau d'imidacloprid et métabolites urinaires et essuyages Corrélations faibles entre température de la main et contamination	ement documenté Pas de prise en compte de l'alimentation

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					rurales, avec un effet saisonnier et un lien avec la proximité des cultures. But de l'étude est de mesurer les concentrations urinaires d'imidaclopride chez des travailleurs de la vigne après application par un système d'irrigation au goutte à goutte et comparer ces concentrations entre les saisons.									- Collectif de la température des mains via un thermomètre infrarouge à la fin du travail								Niveaux plus élevés qu'en population générale US, mais inférieurs à ceux d'une étude chinoise (différence de systèmes d'application? délai plus court?) Corrélation faibles entre contamination cutanée et dosages urinaires	
Mahaboonpeti R	2018	Evaluation of dermal	Aucun conflit d'intérêt	Thaïlande	Parmi pesticides importés,	Non précisée	Légumes plein champs	Application (préparati	Oui, patches réparti	Non	Non	Non	Non?	Non	GC-MS LD=2 ng/mL	Observation	47 observations pour	30 min en moyenne	Alachlore	Modèle de régression	Contamination médiane	4 types de pulvérisateur:	La moitié des



Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		exposure to the herbicide Alachlor among vegetable farmers in Thailand	t déclaré. Équipes académiques en santé publique. Inclus un financement CDC USA.		78% sont des herbicides, 10% des fongicides et 8% des insecticides. En 2016, 700 tonnes d'alachlor ont été importés. Beaucoup d'utilisation de pulvérisateur à dos, il a été suggéré que le pulvérisateur motorisé à moteur à explosion est plus contaminant que le moteur électrique.			on et application)	s sur le corps de façon classique sous les vêtements								47 personnes (10 femmes sur 40 opérateurs pour pulvérisateur motorisé thermique et électrique)	d'application		n linéaire multiple et seuls restent dans modèle le type de pulvérisateur et le fait de porter des vêtements couvrant les membres inférieurs	similaire entre pulvérisateur manuel, électrique et compresseur autour de 20 µg/h d'application contre 200 µg/h pour moteur thermique. Explication principale serait la pression plus forte permettant de traiter plus vite mais aussi sont plus anciens.	- pulvérisateur motorisé thermique (49%) - pulvérisateur motorisé électrique (36%) - pulvérisateur manuel (9%) - lance reliée à compresseur (6%) Matériel, vêtements sont protecteurs pour les membres supérieurs. Plusieurs déterminants collectés (volume, nb de préparation, ...) mais l'essentiel de l'analyse porte sur	participants sont CE

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
																							différences entre les deux pulvérisateurs principaux et la réduction de l'exposition par les vêtements.	
Mandic - Rajcevic S	2019	Methods for the Identification of Outliers and Their Influence on Exposure Assessment in Agricultural Pesticide Applications: A Proposed Approach and Validation Using Biological Monitoring	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Académique (Equipe de C. Colosio) et financement régional.	Italie	Pour mesurer exposition: biosurveillance (mais problème de méthodes disponibles) et mesures expo cutanées. Whole body méthode a l'inconvénient de modifier tenue de travail habituelle et empêche la mesure	2011	Viticulture	Application (20 avec tracteur + cabine et 7 sans cabine)	Oui, patches cutanés (6 rectangulaires, tronc avant et arrière, avants bras droit (D) et gauche (G) et cuisses D et G)	Non	Oui, mesure ETU urinaire dans les 24h suivant l'exposition	Non	Oui, multiples	Non	UPLC (LOQ non données mais articles cités pour la méthode)	Observation	27 hommes applicateurs (présentation comme grande étude...)		ETU et mancozèbe					

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutanée	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					biologique car protège la personne. Mesures par patchs conduit à des surestimations de l'exposition cutanée donc étude de terrain avec patch et mesure urinaire comme gold standard pour estimation de l'exposition. Focalise uniquement sur valeurs extrêmes hautes et pas basses !																		
Mandic -	2019	Exposure duration	Pas de conflit d'intérêt	Italie	Pertinence d'un coefficient	Avril-juillet 2011	Viticulture	Pulvérisateur tracteur	Oui, ADE, PDE	Non	Oui, urine	Non		Non	HPLC/MS (0,1 µg/L	Mesure de l'expositi	N=29, hommes	2-13 h (médiane = 4 h)	Mancozèbe, ETU	Équation calcul de risque	Médiane: 3 ng/kg poids	Tracteur cabine	Les mains = principal contribute

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Rajcevic S		absorbed dose assessment in pesticide-exposed agricultural workers: Implications for risk assessment and modeling	Italien. Support de l'Institut for Insurance of Occupational Diseases and Accidents (INAIL)		Italien			fermé ouvert, coverall usage unique ou coverall usage unique + vêtement classique dessous, gants en matériaux variés.							pour urine)	cutanée, calcul de la quantité absorbée et calcul d'un risque					corporel (2-8 ng/kg)		ur de la contamination. La prise en compte de la durée de l'exposition réduit la dose absorbée (-50-81 % médiane). Lavage des mains = important.
Mandic - Rajcevic S	2015	Dermal exposure and risk assessment of tebuconazole applicators in vineyards	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement européen (ACROP OLIS)	Italie du Nord (Piedmont)	Importance des fongicides sur vignes et en particulier du tébuconazole, dont la toxicité sur l'animal est documentée. Les modèles d'homologation peuvent sur- ou sous-	Mai-Juillet 2011	Viticulture	Préparation, application, nettoyage (sur 5 journées). Majoritairement des tracteurs sans cabine (8 journées), 2 journées de tracteurs avec cabine, 1 pulvérisateur à dos, 1 lance - 2 journées	Exposition potentielle (combinaison et charlotte en coton) et réelle (sous-vêtements) Lavage de mains avec 100 mL d'alcool	Non mesurée	Non mesurée	Non	Cahier de recueil fourni en annexe	Non	LC-MS-MS LOD 0,6 µg/L (et 1,1 µg/L dans l'eau	Observations de journées de travail en champ (hommes) dont 5 entreprises de travaux agricoles, réalisant au total 12 journées	7 (ou 8? Différence entre texte et tableaux) travailleurs	3 à 10h, médiane de 6 heures 1,8 à 17 ha	Tebuconazole	Absorption de 13% prise en compte et AOEL 0,03mg/kg Comparaison avec estimations du German Model. Calcul également pour d'autres "conazoles" Tebuconazole: Contamin	Contamination médiane corps= 6,18 mg (potentielle) et 0,20 mg (réelle) Réelle totale (avec les mains) = 1,02 Part des mains = 61% (Pas d'utilisation de conazole	Protection de la combinaison = de 90 à 98% Contribution de la tête 16% L'utilisation d'équipement avec les mains lors des applications induit une plus forte contamination du bas du corps	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					estimer But de l'étude est d'évaluer l'exposition dermale au Tébuconazole et déterminer les déterminants d'exposition lors d'une application dans les vignes. parcelles de 2 à 20 hectares et pentues.			mixtes Capacité médiane du tracteur = 400l 10 journées avec des gants, dont 5 gants neufs, 11 journées sur 12 avec un masque respiratoire Le port des EPI était très variable entre les travailleurs et les jours de travail (voir Table 3 pour plus d'info)	isopro pyl 20%											ation = 4,73% de l'AOEL, avec le German Model = 6,94%. Pour un travailleur le modèle sous-estime la contamination, pour 3 il la surestime d'un facteur 7 à 25 Autres conazoles : valeur la plus haute pour epoxiconazole = 85% AOEL, et dépassement de l'AOEL pour la moitié des travailleurs	semaines avant l'étude)	(abdomen, dos, jambes) Les mains contribuent à 61% de l'exposition totale	

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
Mandic - Rajcevic S	2017	Environmental and biological monitoring for the identification of main exposure determinants in vineyard mancozeb applications	Pas de conflit déclaré. Financement par une assurance des accidents de travail	Italie (Lombardie)	Enjeux économiques du traitement en vigne. Place des dithiocarbamates, en particulier du mancozèbe (Mz), documenté pour ses effets goitrogènes, perturbation endocrinienne, immunotoxicité. Question de l'ETU (métabolite urinaire du Mz) et d'une limite en milieu professionnel.	Avril à Juillet 2011	Viticulture	Préparation, application, nettoyage (au cours de 18 journées) Tracteur avec cabine fermée filtrée N=29 jours, sans cabine (N=9 jours). Capacité médiane 300l, 1 à 20 ha Port de gants à la préparation (97%), à l'application (34%)	Patches en papier filtre: 4 sur et 6 sous les vêtements Lavage de mains avec 200 mL eau + isopropanol.	Non	Excrétion d'ETU: urines de 24h avant et pendant après l'application	Non	Questionnaire sur les caractéristiques des agriculteurs, la ferme et le travail (jour d'observation)	Non	LC-MS UPLC-TQD (LOQ: 0.015 µg/mL)	Etude en champ	N=29 hommes et 38 jours de travail	Préparation = 15 min Application = 180 min	Mancozèbe, ETU	Non	Exposition potentielle médiane=0,305 mg, réelle=0,147 mg Élévation de l'ETU urinaire après le traitement	Existence d'une cabine diminue la contamination potentielle (moins nettement la contamination réelle) Meilleure protection avec combinaison à usage unique (99% vs 65% pour vêtements ordinaires)	Préparation de la bouillie et remplissage du réservoir en moyenne 2 fois/jour (jusqu'à 7 fois) 50% des travailleurs nettoyaient leur équipement après le travail et 80% lavaient le réservoir. 84% des travailleurs lavaient régulièrement leur équipement + maintenance	

Référence				Méthodes											Résultats									
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
																							cabine portaient des gants vs 96.6% pour tracteur avec cabine. 63% des gants en caoutchouc, 29% en néoprène, et 8% en latex. Autres infos sur les EPIs (table 3 + masques + combinaisons, etc.)	
Mandic - Rajcevic S	2020	Establishing health-based biological exposure limits for pesticides: a proof of principle study using mancozeb	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par Assurance des maladies professionnelles et accidents de travail	Italie (Lombardie)	Rappel sur les valeurs limites mises en place par les agences, en particulier les valeurs biologiques, mais celles-ci ne sont pas en lien avec des effets	2011	Viticulture	Travailleurs appliquant du Mancozèbe régulièrement (sans exposition au min 15 jours avant l'étude): activités de préparation, d'application, de	Mesure de l'exposition cutanée par patchs et par lavage des mains. Patchs: 100 cm2 appliqués sur la peau et les habits	Non	Collecte d'échantillons d'urine 24h avant et 24 h après exposition. Collecte de 24h pour l'échantillon d'urine "24-h après exposition". Quantification de	Non	Non	Non	LOD ETU urinaire : 0.1 µg/L	Observations et mesures sur des journées de travail réel	N = 16 hommes	1 journée	Mancozèbe	Non	Dépôt total: 125.8 µg (20 - 4747) Dépôt mains: 123.9 µg (19.6- 4724 µg) Dose totale absorbée: 0.9 ng/kg (0.1-51.4 ng/kg) Quantité de ETU urinaire	Seule l'exposition dermale a été considérée dans cette étude. L'utilisation d'un tracteur avec cabine réduit l'exposition (concentrations ETU médiane		

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					de santé. En se basant sur l'AOEL, une exposition limitée en équivalent biologique pourrait être calculée. Objectif de l'étude est d'établir des limites biologiques d'exposition équivalentes (EBEL) en utilisant des données de terrain et l'AOEL en prenant le Mancozèbe (Mz) comme exemple.			maintenanc ce et de nettoyage de leur matériel (8 h). 5 travailleu rs avec tracteurs sans cabine et 11 travailleu rs avec tracteurs avec cabine et filtre. Port de gants, masques (12 travailleu rs/16), combinais on (11 travailleu rs mono- use, 2 travailleu rs multi-use et 3 travailleu rs sans)	Lavage des mains: 200 mL de solutio n avec 25% isopro panol dans l'eau (descri ption dans Mandic - Rajcevi c et al. (2017)		ETU urinaire											24-h après expositio n: 3.7 µg (1.3-29.6 µg) Expositio n plus importan te pour les travailleu rs utilisant un tracteur sans cabine	plus faibles).	



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
Markantonis M	2018	Assessment of occupational and dietary exposure to pesticide residues	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Travail réalisé sur demande de deux ministères au Pays-Bas.	Pays Bas	L'utilisation des pesticides en Europe repose sur un système d'approbation de substances actives et d'autorisation de mise sur le marché des formulations. Cela inclut une évaluation des risques qui présente des lacunes, notamment la détermination d'un temps sécuritaire de rentrée dans les parcelles traitées, au bout		Toutes cultures	Cet article est un résumé de ce qui a été fait/en cours sur le développement d'une méthodologie pour calculer des délais de rentrée sans gants	Non	Non	Non	Non	Non	Travail méthodologique		-	-	-	-	-	-	-	-	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					duquel aucun EPI ne serait nécessaire																		
Marchandante R	2019	Assessment of penconazole exposure in winegrowers using urinary biomarkers	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement européen (ACROP OLIS).	Italie (Lombardie)	664000 ha de vignes en Italie, 39 000 tonnes de fongicides, en particulier triazoles, dont le penconazole. Effets reprotoxiques (classé H361) suspectés.	Mai-Juillet 2012	Vignes	Application et réentrée Application: pulvérisateurs portés pneumatiques et lances (N=42) Réentrée: épamprage, ébourgeonnage, levage, relevage (N=12) Port des EPI pendant la réentrée non documenté	Patches en papier filtre: 6 sur et 6 sous les vêtements Lavage de mains avec 100 mL d'alcool isopropyl, en fin de travail et à chaque pause	Non mesurée	Recueil d'urines 24h avant, pendant le poste exposant, sur les 24h qui ont suivi l'exposition, et sur les 24 h suivantes (H+48) Dérivés mono hydroxylé OH et carboxylé COOH du penconazole - Mesure de la créatinine urinaire	Non	Questionnaire administré par les moniteurs de terrain = caractéristiques des travailleurs, du travail, de la formulation, le matériel, vêtements, EPI	Non	LC-MS/MS LOQ 1 µg/L	Observation en champ	22 viticulteurs: 10 exploitants et 12 employés de coopératives 21 hommes - 1 femme	Durée médiane du poste = 8h (sur 4 jours, D1: 8h (n=22), D2: 8h (n=14), D3: 8h (n=12), D4: 6h (n=6))	Penconazole pour la contamination externe (appliqué sous forme d'une émulsion diluée de huile dans l'eau (environ 10% w/w)) Dérivé mono hydroxylé OH du penconazole dans les urines	Non	Exposition réelle entre 21 et 78 µg pour les journées de traitement et de l'ordre de 110 µg pour la réentrée Excrétion de PEN-OH=entre 0,37 et 1,19 µg/h (max: 7.36 µg/h) Part importante des mains	Augmentation de l'excrétion jusqu'à J3 Pas de différence de l'excrétion entre applicateurs et travailleurs en réentrée (dose interne => moins d'absorption par les mains que le reste du corps ou inhalation pas considérée)? Corrélation entre exposition réelle et PEN-OH urinaire (améliorée par prise en compte de la	Quantité de penconazole par jour = 26 à 1500 g et appliquée sur des surfaces entre 0.4 et 11 ha Penconazole présent dans échantillons pré-applications

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
																							créatinine) Pas de lien avec contamination potentielle ou contamination des mains	
Morgan N	2021	Dose setting for dermal absorption studies on dried foliar residues	Auteurs membres de l'ECPA (The European Crop Protection Organisation), notamment de ECPA Occupational and Bystander Exposure Expert Group (i.e., Syngenta, BASF, SWS, ADAMA)	Description d'une approche pour réglementation	Estimation de l'exposition systémique des travailleurs après contact avec des résidus de pesticides secs sur les cultures pendant les activités de rentrée repose sur l'utilisation de la valeur d'absorption cutanée la plus élevée	2021	Réentrées Cultures des EFSA guidelines pour scénario d'exposition des travailleurs (EFSA et al. 2017)	Algorithmes EFSA guidelines pour scénario d'exposition des travailleurs (EFSA et al. 2017)	Distinction entre mains et corps, les mains sont considérées comme plus exposées que le reste du corps	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Estimation de l'exposition systémique des travailleurs après contact avec des résidus de pesticides secs sur les cultures pendant les activités de rentrée repose sur l'utilisation de la valeur d'absorption cutanée la plus élevée	NA	NA	Aucun pesticide particulier, seulement discussion sur la pulvérisateur de solutions liquides	Dose pour une absorption dermale basée sur l'exposition lors de cueillette de légumes: <b>Dermal dose (µg/cm<sup>2</sup>) = DFR (µg/cm<sup>2</sup>) × 2500 (cm<sup>2</sup>/h) × T (h)/16370 cm<sup>2</sup> = 3.67 µg/cm<sup>2</sup></b> (T étant la durée d'exposition pour un scénario spécifique, 16 370 cm <sup>2</sup> la	Selon UK Chemicals Regulation Division (CRD): Exposition dermale pour les mains est de 41% pour le maïs et de 73% pour les légumineuses	Exposition varie selon la nature et la durée de la tâche, la région du corps exposée. Exposition est croissante durant la journée	Table 1 résume les coefficients de transfert utilisés par EFSA (EFSA et al. (2017)) selon les tâches de ré-entrée. Coefficients de transfert sont issus de deux études de Agricultural Re-entry Exposure Task Force (ARTF)	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					identifiée pour les dilutions aqueuses de pulvérisateur. Surestimation du potentiel de pénétration cutanée des pesticides avec cette approche. Manque de données sur le choix des niveaux de dose appropriés pour les études d'absorption cutanée des résidus secs à utiliser dans l'évaluation des risques. But est de										identifié pour les dilutions aqueuses de pulvérisateur. Surestimation du potentiel de pénétration cutanée des pesticides avec cette approche. Manque de données sur le choix des niveaux de dose appropriés pour les études d'absorption cutanée des résidus secs à utiliser dans l'évaluati				surface totale du corps d'un adulte et 2500 le coefficient de transfert (bras, corps, jambes protégés mais mains nues) lors du port d'un vêtement simple couche sans gants. => ne tient pas compte la distribution uniforme sur le corps ni de la variation dans les niveaux de protection des vêtements				

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					discuter (i) des défis dans l'estimation actuelle de l'exposition systémique lors de l'utilisation d'études d'absorption cutanée, (ii) l'approche actuellement utilisée selon l'EFSA pour estimer le risque lors des activités de réentrée dans les cultures récemment traitées, (iii) proposer une approche											on des risques. But est de discuter (i) des défis dans l'estimation actuelle de l'exposition systémique lors de l'utilisation d'études d'absorption cutanée, (ii) l'approche actuellement utilisée selon l'EFSA pour estimer le risque lors des activités de réentrée dans les cultures récemm							

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					alternative à la détermination des doses pour les études sur les résidus séchés, iv) les limites de l'approche.											ent traitées, (iii) proposer une approche alternative à la détermination des doses pour les études sur les résidus séchés, iv) les limites de l'approche.								
Mostert V	2019	REACH Worker Exposure Model for Co-formulants Used in Plant Protection Products	Financé par ECPA	NA	Pour certains coformulants de PPP, répondant aux prérequis du règlement REACH, une évaluation de l'exposition et des risques est demandé	NA	NA	Pulvérisateur, préparation, enrobage, travail sous serres, rentrée, bystander	Évalué par modèle	Évalué par modèle	Non	Non	Non	Non	NA	Travail sur le choix de modèles existants : BBA, PHED, ECETOCTRA								

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutanée	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					e pour des scénarios d'exposition générique. LA publi plutôt descriptive, expose quels modèles existants ont été utilisés pour évaluer l'expo aux co formulates, dans le cadre d'une évaluation des risques Tier 1, dans un modèle appelé OWB (operator, worker, bystander)																		
Msibi S	2021	High pesticide inhalation exposure	Pas de conflit d'intérêt déclaré.	Afrique du Sud	La plupart des décès aigus dus aux pesticides	Novembre et décembre 2018 sur 6	Canne à sucre	EPI complets (combi + tablier +	Non	Oui, pompe : 1 L/min	Non	Non	Oui Autoquestionnaire (données socio-	Blancs de terrain	LC-MS/MS	Observation, mais EPI obligatoires et	3 fermes pour 47 hommes applicateurs et 76	120 min en moyenne à partir de 6h du	4 herbicides : 2,4D, amétryne, atrazine et	Non	Atrazine utilisé 3 jours sur les 6 jours	Ceux préparant dans la cuve utilisée	Gestion des EPI: changement des cartouche

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		from multiple spraying sources amongst applicators in Eswatini, Southern Africa	Les auteurs appartiennent tous à des laboratoires académiques taiwanais. Financement du ministère des affaires étrangères taiwanais.		ont lieu en Afrique alors que plus faible continent en termes de marché des pesticides, canne à sucre très importante en Afrique du sud avec des très grandes fermes avec 10 à 15 applicateurs traitant en même temps avec les mêmes pesticides et très proches les uns des autres. Les auteurs citent	jours différents		gants à pesticides)		avec XAD2			démographiques, EPI, hygiène, conditions de ttt) traduit en langue locale et aide pour illettrés Données météo			surveillance au champs par un superviseur et douche obligatoire avant de partir chez eux	échantillons collectés	matin et sur 2 ha avec entre 1 et 4 kg de matière active utilisée	pendiméthaline		d'observation. les 3 autres substances utilisées sur 2 jours chacune.	pour la préparation sont ceux avec les plus élevés. Les applicateurs avec les valeurs les plus faibles ont dû interrompre leurs traitements. Exposition détectée dans l'air même quand pas d'utilisation de la molécule. Explication des auteurs, autres applicateurs proches utilisent d'autres pesticides donc contamination par ces personnes, pas de	s tous les 3 mois, lavage des vêtements /EPI tous les jours



Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					plusieurs études de pays pauvres avec des niveaux d'exposition respiratoire élevés. Objectif de mesurer l'exposition respiratoire dans contexte de plusieurs applicateurs proches les uns des autres. Le Pesticide management act en 2018 dans ce pays indique les besoins d'études sur la toxicité et les usages ainsi que																	discussion de la rémanence éventuelle . N'ont pas mesuré expo cutanée car EPI complets portés donc ils estiment que l'expo est limitée	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					sur la mise en place de réglementation pour la mise sur le marché des pesticides .																		
Naksat a M	2020	Development of Personal Protective Clothing for Reducing Exposure to Insecticides in Pesticide Applicators	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Thailand Science Research and Innovation Fund, Thailand. Faculty of Medicine Research Fund, Chiang Mai University Fund, Thailand. The Chiang Mai	Thaïlande	L'utilisation des pesticides mène à l'exposition professionnelle aux pesticides . Les méthodes d'ingénieries, système de contrôle sont encore difficilement mis en place, donc recours aux EPI encore nécessaire. Vêtement		Etude en laboratoire Choix de 5 matériaux tissés pour enduction avec gomme colophane	Pulvérisateur	Oui, PADS cellulose + aluminium foil. Potential dermal exposition (PDE) + Actual dermal exposition (ADE)	Non	Non	Non	Non	Non	Extraction pads avec acetonitrile, échange de solvant pour acétate d'éthyle Analyse GC-FID ou ECD: LOQ = 0,025 µg	Efficacité mesurée en laboratoire après exposition en chambre de pulvérisateur, adaptée de ASTM F1359.	Mannequin: n=6 pour chaque VP	5 min x 4 réplicats	Chlorpyrifos EC 40 %, cyperméthrine EC 35 %		Efficacité sup 99 % pour 4 VP, le 5ème est à 85% pour chlorpyrifos et - 61.71 % pour cyperméthrine. Proche de Tychem C pour les 4 VP	Masse surfacique des tissés, type de maille	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
			University Research Fund, Thailand.		de protection (VP) non tissés protègent bien, mais cher et problème de stress thermique. Donc proposition d'utiliser des VP en coton déjà bien implanté, enduits d'une gomme de colophane assurant une bonne hydrophobie, pour se protéger des pulvérisateurs.																		
Noh H	2019	Risk of dermal and inhalation exposure	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Affiliati	Corée	Discussion des inconvénients de la méthode patch et	Non précisée	Chou sur 3000 m2	Application avec pulvérisateur à dos et long manche	Oui, whole body méthode (combi	Oui, XAD2, 2L/min	Non	Non	Non	Ajouts dosés en champs	LQ non indiquée mais méthode décrite	Presque expérimental: vêtements de protection	10 applicateurs ou 1 seul avec 10	?	Chlorantraniliprole (insecticide)	Non	140,4 à 4234 µg au total incluant entre 20 à 179 en	Parties du corps (jambes très majoritaires) et	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		to chlorantraniliprole assessed by using whole-body dosimetry in Korea	on agence type finance et management par agence sanitaire et gouvernementale type ministère agriculture.		des avantages de la méthode whole body.			de pulvérisateur. EPI imposés. Mesure météo et quelques variables (durée, hauteur des plantes, données individuelles présentées)	naison externe coton + polyester, sous-vêtements coton, gants nitriles) + lingettes pour visage et cou						dans un tableau spécifique	n imposés, préparation commerciale, surface et matériel de traitement	répétitions ?				"réelle". Méthode MOS pour estimation du risque en fonction AOEL, poids corporel, exposition cutanée (sous-vêtements) et absorption cutanée fixée à 10%, usage très sécurisé car MOS très supérieur à 1.	inhalation très minoritaire	
Pate ML	2017	Utah Regional Differences in Respirator Use and Fit Testing among Pesticide Applicators	Rien de mentionné. Safety Grants Program subventionné par Agricultural Safety and Health	USA (Utah)	Agriculteurs exposés à un grand nombre de contaminants aéroportés: poussière, endotoxines,	2013-2014	Non définie	NA. Étude sur APR	Non	Non	Non	Non	Oui, après formation. Barrière et facilitateur pour l'utilisation d'APR. Expérience d'ajustement d'APR et de formation en protection		NA		N=141	NA	NA	NA	NA	Expérience et essai ajustement associé au premier métier: - pas agricole = plus expérience et plus essai ajustement	

Référence				Méthodes											Résultats									
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
			Council of America (ASHCA) et Utah Agricultural Experiment Station (Utah State University).		pesticide, squame d'animau x, sans être bien caractérisés. Santé respiratoire des agriculteurs a montré des faiblesses dans différentes études. Port de protection respiratoire pas forcément évident car pas de FDS pour endotoxine ou autres, comme dans l'industrie couverte par autre réglementation. Un des EPI les moins recommandés.								respiratoire.										t. - Plus d'expérience = plus de chance de trouver un APR agréable (meilleur choix, meilleur port ?). - Formation = meilleure connaissance de la justification d'un APR, donc plus de formation/information = augmenter les essais ajustement.	

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					ndé en manipulation de pesticides . Connaissance lacunaire sur la sélection, l'entretien, la maintenance des EPI. Peu de programmes de protection respiratoire, faible conformité au port d'EPI. Porter un appareil de protection respiratoire (APR) plus contraignant que les bénéfices générés. Mieux comprendre les																		

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					perception des agriculteurs de l'Utah sur l'utilisation d'APR et des programmes de formation . Différences entre le Nord et le Sud de l'Utah.																		
Pouzou JG	2018	Comparative Probabilistic Assessment of Occupational Pesticide Exposures Based on Regulatory Assessments																					
Ren J	2017	Potential exposure to clothianidin and risk assessment of	Pas de conflits d'intérêt déclarés . Support National	Chine	L'application de sol prétraité avant culture dans les parcelles est une	Non précisée		Mélange et application sol traité sur parcelles, pas de matériel	Oui: Whole body method (WBD) + gants et	Oui, Tubes XAD	Non	Température, HR, vitesse vent	Non	Non	Extraction acétone, échange acetone	Dopage de 22 kg de sol natif, et application à un rythme "normal"	N=16 (11 hommes et 5 femmes)	ND	Chlothiane 20 % SC	Oui, calcul de risque. MOE supérieur à 100 dans tous les cas	51,7 mg/kg ai (ingrédient actif) à 10,67 mg/kg ai avec VP coton, -	Peu influencé par les conditions environnementales, taille des particules	Absorption cutanée 1%

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		manual users of treated soil	I Key Research and Development Programme of China (No. 2016YFD0200201) et National Key Technology R&D Programme of China. Auteurs sont membres de Chinese Academy of Agricultural Sciences, state key laboratories.		technique d'application de pesticide très utilisée dans les pays en dvpt d'Asie, historiquement expliqué par le manque de pulvérisateurs, et l'absence de besoin d'eau. Pas d'étude d'exposition pour l'application de la clothiadinine avec cette technique.			particulier. Protection avec vêtement de protection (VP) en coton.	chaussettes en coton (+ lavage de mains) + lavage par patch imbibé OT pour visage et cou + casquette/patch imbibé pour tête. "Potential dermal exposu re (PDE) + Actual dermal exposu re (ADE)"						pour matrices solides Extraction liquide-liquide avec acetonitrile pour solutions OT. Analyse UPLC-MS/MS (LOQ= 0,033 mg/L).	, selon les pratiques locales, 650 m2/travailleur. Autres données liées à la manipulation précisées dans le calcul de la MOE.				envisagés .	79 % Tibia et mains -80 % MOE supérieur à 100 dans tous les cas envisagés .	de sol. Suggestion de répéter l'étude sur d'autres sites.	
Rincon V	2018	Potential dermal exposure to operators	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Soutien	Espagne	Importance de la production de fruits et légumes	Non précisée	Culture de poivron sous serres (1800	Pulvérisateur avec matériel traditionnel = pulvérisat	19 patches (122.72 cm2) posés sur la	Non	Non	Température moyenne pendant les	Non	Non	Concentration du traceur	Etude sur une ferme expérimentale apparten	2 hommes ?	ND	Utilisation d'un traceur = tartrazine	Non		Ne pas couper la pulvérisateur dans le virage augmente	



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
		applying pesticide on greenhouse crios using low-cost equipment	du gouvernement andalous et de fonds européens.		en Espagne, notamment tomates et poivrons, 57% dans le sud-est de l'Espagne. Améliorations apportées par des buses de pulvérisateur verticale et de nouvelles technologies. Cependant toujours utilisation de lances manuelles et pulvérisateurs à dos. Le but de l'étude est de comparer les deux pulvérisateurs (buses		m2) (rangs de 2 m, espace entre plants = 0,40 m, hauteur = 2,2 m)	eur à dos avec buse verticale ou pistolet de pulvérisateur en marche arrière. Chaque application testée avec un pulvérisateur a été répliquée 3 fois. Combinaison Tyvek.	combinaison. Gants en coton pour évaluer l'exposition des mains (373 cm2 de surface).			tests était de 37.44 °C et l'humidité relative de 50.57%				ant à l'université							l'exposition. Côté droit plus proche du feuillage et plus contaminé. Contamination importante de la tête et de la poitrine. Application avec la lance réduit l'exposition des jambes et des bras du côté gauche du corps.	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutanée	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					identiques).																		
Roitzsch M	2019	Dermal and Inhalation Exposure of Workers during Control of Oak Processionary Moth (OPM) by Spray Applications	Fiancée par German Federal Institute for Occupational Safety and Health, qui emploie quatre auteurs.	Allemagne	Pas de modèle d'évaluation de l'exposition dans le cas du traitement des chenilles processionnaires, donc mesure expérimentale. Problème agronomique originaire d'Europe du centre et du sud, qui remonte vers le nord. Risque d'effets de santé humaine en lien avec ces chenilles. Traitement doit intervenir avant que les poils	Printemps 2014 et 2015	Protection santé humaine par traitement des chênes contre la chenille processionnaire	Pulvérisateur porté sur un tracteur ou à la main. 4 tâches observées: 1) pesée et transfert dans contenant intermédiaire; 2) mélange et application avec un pulvérisateur porté sur tracteur; 3) préparation et application avec un pulvérisateur à dos; 4) nettoyage du pulvérisateur sur tracteur (seulement	Oui Potentiel dermal exposé (PDE) (Whole body method (WBD): tyvek + cotton gloves)	Oui, selon les standards européens EN 482 et EN 1076. Mesures individuelles sur filtres en fibre de verre.	Non	Oui, air	Non	Non. Observation	GC-PCI MS (0,11 ng/cm <sup>2</sup> ); HPLC/UV (0,28 µg/m <sup>3</sup> )	Etude en champ sur des arbres individuels ou sur des groupes d'arbres	N=1 homme, mesures répétées 2 fois. 8 travailleurs de 3 entreprises différentes (2 dans la désinsectisation et une dans le paysage), expérimentés (>10 ans). n= 8-18 mesures mains transfert du liquide pour traitement + traitement n= 8-18 mesures corps transfert du liquide	Pesée/transfert = 37-65 min Avec le pulvérisateur sur tracteur l'application d'une cuve durait entre 1 h et plus de 4h Avec le pulvérisateur à dos, seulement deux cycles de préparation/application ont été observés (soit 2x12l): quelques minutes à 1 heure mix + VMS: 1-4h préparation + application doublée quelques minutes - 1h Cleaning ?	Diflubenzuron 80 WG - entre dans la réglementation biocide pour cet usage	Non	3,71-8,39 mg ai (ingrédient actif)/kg pour cutané; 0,05 mg ai/kg pour respiratoire. <b>Pulvérisateur sur tracteur:</b> Médiane = 36,1 mg/kg (mains) + 10,4 mg/kg (corps) + 0,006 mg/kg (inhalation) <b>Pulvérisateur à dos:</b> Médiane = 475 mg/kg (mains) + 965 mg/kg (corps) + 0,24 mg/kg (inhalation)	"Personal behaviour", configuration du poste et technique de pesée, contamination de la surface du pulvérisateur, carry over effect, spray pattern. Type de nettoyage: plus de contamination si utilisation d'une brosse ou d'un chiffon.	Valeurs supérieures dans étude par rapport à Agricultral Operator Exposure Model (10 à 100 fois) même en ne considèrent que les cultures hautes, que ce soit avec le pulvérisateur sur tracteur ou le pulvérisateur porté à dos. Discussion concernant le pire cas ("worst case") et "realistic case" pour évaluer la représentativité des

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					urticants se développent et après le développement des feuilles (les chenilles doivent manger les feuilles traitées: poison digestif): fenêtre de 2 à 4 semaines.			t 3 observations)  Combinaison Tyvek, gants en coton (dosimètres) + gants nitriles selon la demande (sous le gant en coton).									pour traitement + traitement n=2 (8-18 mesures) pour air (inhalation) N=32 mesures ?				n) 46,5 mg ai/kg (médiane) Multiples combinaisons de mesure en couplant/découplant les tâches. Exposition dépassant 1 g ai/kg ai pour le pire cas median. Pas clair.		données générées.
Ruda	2017			En ukrainien																			
Rudzi SK	2022	Exposure to airborne pesticides and its residue in blood serum of paddy farmers in Malaysia	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement par le ministère de l'éducation et l'université	Malaisie	Le riz est la culture la plus fréquente en Malaisie, et se déroule en deux saisons de 4 à 5 mois. Un code de bonnes pratiques	Ethical approval reçu en 2017	Riz	Port des EPI: 93% utilisent des vieux vêtements en guise de masque, 6% un masque ventilé et 1% rien. Par ailleurs, port de longs	Non	Recueil des échantillons pendant la période de traitement pour les riziculteurs et sur le temps	Mesures dans le sang en ng/mL	Non	Caractéristiques socio-démographiques, exposition aux pesticides, expositions professionnelles, données de santé. Questionnaire inspiré de celui de l'AHS et de	Non	UHPLC-MS/MS	Étude transversale comparant groupe exposé et groupe non exposé	85 riziculteurs - préparateurs et applicateurs de pesticides, hommes entre 18 et 59 ans 85 non agriculteurs: hommes	ND	Tricyclazole, tebuconazole, chlorantraniliprole, isoprothiolane, trifloxystrobin, difenoconazole, fipronil, pretilachlor, pymetrozi	Non	<u>Exposition respiratoire</u> : Riziculteurs: entre 10 ng/m3 et 188 ng/m3 selon les pesticides Non agriculteurs: entre 5,79 et 73,66 ng	Niveaux globalement plus élevés chez les riziculteurs Corrélation entre niveaux sériques et teneurs dans l'air. Corrélation la plus forte pour	Données sur les pratiques recueillies par questionnaire: en moyenne exposition pendant 4h, 169 jours par an, pendant 17 ans Données

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					a été développé avec des recommandations sur la protection respiratoire et cutanée. Cependant les EPI sont très peu portés. L'étude vise à documenter l'exposition aux pesticides dans l'air, la présence dans le sérum de 13 pesticides autorisés - sélectionnés pour leur "popularité" «auprès des			vêtements, de combinaison étanche, de bottes, de chapeaux. Seulement 27% portent des gants.		de travail pour les autres. Pompe 2L/min + tubes XAD2.				l'étude de surveillance des pesticides au Vietnam.				de 18-59 ans, en bonne santé, sans historique d'exposition professionnelle aux pesticides 17 ans d'exposition en moyenne aux PPP (1 à 40 ans) (4h/jour et 169 jours/an en moyenne)		ne, imidacloprid, propiconazole, buprofénine, azoxystrobine		<u>Niveaux sériques</u> Riziculteurs: entre 52,3 ng/mL et 210,12 ng/mL (azoxystrobine) Non agriculteurs entre 47,83 et 62,74 ng/mL (difenocozole).	l'imidacloprid. Corrélations moins nettes chez les non agriculteurs	sur les symptômes mais pas de corrélation avec les niveaux mesurés

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					riziculteurs.																		
Sahin M	2021	Determination of dermal exposure levels by patch methods in pesticide operators	Pas de conflits déclarés. Financement par The Scientific Research Projects of Cukurova University.	Turquie (Karataş district d'Adana)	Agriculteurs des pays en développement sont plus à risque d'exposition. 3 voies d'exposition possibles pendant traitement => port de masque, gants et vêtements longs et bottes. Augmentation des doses et de la fréquence des traitements en Turquie (60 020 tonnes de pesticides utilisés en 2018), en majorité des fongicide	Ethical approval en 2018	Culture de citrons (vergers)	Opérateurs	10 patches (7.5 x 10 cm) attachées aux vêtements (dessus) et 10 autres à la peau (dessous les vêtements) des opérateurs (bras, jambes et nuque). Patches enlevés après 2h ou 4h selon les heures de travail.	Non	Non	Température (26.8°C), humidité relative (52%) et vitesse du vent (7.47 km/h)	Non	Non	LC/MS/MS (LOQ/LOD ?)	Etude en champs	34 opérateurs (hommes) 50% avec > 10 ans d'expérience Âge moyen 33 ans (+/- 2.5 ans)	2h ou 4 h selon les substances	10 substances: Cymoxanil, Boscalid, Difenoconazole, Abamectin, Chlorpyrifos-ethyl, Chlorpyrifos-methyl, Propiconazole, Pyraclostrobin, Pyriproxyfen et Buprofezin	Non	Chlorpyrifos-Methyl, Pyriproxyfen et Chlorpyrifos-Ethyl parmi les plus contaminants. Concentrations mesurées sous les vêtements. Jambes étaient les parties les plus exposées (difenconazole). Exposition < AOEL.	Porter des EPI	Discussion un peu faible

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					s. But est de déterminer l'exposition dermale aux pesticides chez des opérateurs dans les vergers de citrons.																		
Sankaran G	2015	The importance of hand exposures to absorbed dosage of hand harvesters	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Un auteur de Gem Quality Risk Inc.	USA (Californie)	Préoccupation sur l'exposition pendant la réentrée: la culture de fraises est un bon modèle car contact avec les mains et récoltes sur de nombreux mois. Plutôt que de mesurer les résidus sur les	2010 et 2011	Fraises (récoltes manuelles)	Récoltes manuelles avec un délai de réentrée de 3 jours par rapport au malathion et à la fenproprathrine. Dosimètres = gants en latex Récolte à mains nues dans une des exploitations (habituelle)	Oui, seulement les mains (mesure sur les gants en latex) et lavage des mains en fin de poste à J4 et J7 avec une brosse dans une poche plastique 1l	Non	Échantillons d'urines de 14/16h (le soir du travail et jusqu'au lendemain)	Dosimètres 7x14 cm en coton placés à 10 endroits du champ Échantillons de feuilles à J4 et J14: rinçage dans un sac Ziploc avec un détergent (déterminati	Non	Non	GC-FPD et GC-ECD LOD=0,001 ppm malathion et 0,01 fenproprathrine	Etude en champ	N=26 ramasseurs dans 1 exploitation et 27 dans une autre. Hommes seulement.	Mesures dans les gants entre J4 et J20 par rapport à l'application. Journées d'observation comportent 4 périodes de 2 à 2,5h (entre les pauses)	Dérivés du malathion (MMA et MDA) et génériques des OP (DAP, DMP, DMTP, DMOTP)	Dermal exposure (en µg/j) = DFR (µg/cm <sup>2</sup> ) x Heures travaillées x Coef de transfert (cm <sup>2</sup> /h) Valeur de l'EPA: coef transfert =1500 cm <sup>2</sup> /h Valeur absorption: malathion=8,2%, Fenproprathrine=32%	<b>Résidus délogables:</b> J4=0,248 µg/cm <sup>2</sup> , J14=0,003 µg/cm <sup>2</sup> décroissance de plus de 80% à J14 <b>Résidus sur les gants:</b> décroissance identique <b>Métabolites urinaires:</b> décroissance moins rapide: seulement 43%	Les dérivés de la molécule mère persisteraient plus longtemps: ce sont peut-être eux qui devraient être mesurés dans les DFR	Efficacité des gants en latex comme dosimètre pour mesurer l'exposition des mains et barrière de protection pour les résidus foliaires (cueilleurs avec gants étaient 23% moins exposés que les cueilleurs à mains nues)

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					feuilles, mesure sur les gants (des résidus seraient retrouvés jusqu'à 90 jours). Evaluation de l'utilisation de gants en latex comme dosimètres pour évaluer l'exposition cutanée en comparaison avec les mains nues chez les cueilleurs de fraise.				d'eau + alcool			on de la surface foliaire)									entre J4 et J7 pour ceux qui portent des gants et 29% pour les autres		pour malathion et fenproprathrin.
Sapbar R	2017	Urinary dialkylphosphate metabolites and health symptoms among farmers	Pas de conflit d'intérêt déclaré.	Thaïlande (province de Phayao, avec le lac Kwan)	Importation de pesticides en augmentation en Thaïlande, principalement des	Septembre/Octobre 2014	Cultures de la zone = riz,, légumes, ail et longane	Différentes activités sur de petites fermes = traiter, semer, récolter, emballer. 57%	Non	Non	300 mL d'urines du matin: Mesure des Dialkylphosphates urinaires DMP: dimethyl	Non	Questions sur âge, sexe, niveau études, statut, alcool, tabac, cultures cultivées	Non	LOD 0,1 à 2,5 µg/L LOQ 1 à 25 µg/L	Pas d'observation de terrain: questionnaires et mesures biologiques	84 agriculteurs vivant dans la zone d'étude depuis >=5 ans, entre 18	Non	Organophosphorés	Non	DEP le plus détecté (51,2%) devant DETP et DEDTP DMP a les niveaux les plus	Pas de différences selon le type de cultures (seulement riz ou autres cultures) Pas de lien	Comparaison à d'autres études menées en Thaïlande, et niveaux beaucoup plus

Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
		in Thailand			herbicides, devant les insecticides (OP surtout, avec DAPs comme métabolites principaux)			réalisent les traitements, le plus souvent avec des pulvérisateurs motorisés.			phosphate DMTP: dimethyltiophosphate DMDTP: dimethyltiophosphate DEP: diethylphosphate DETP: diethyltiophosphate DEDTP: diethyltiophosphate (pas d'information sur la période de collecte comme l'utilisation ou application ou contact avec pesticides le jour d'avant)		(surfaces), utilisations de pesticides (fréquence, raisons de l'utilisation, information sur les produits), tâches sur la ferme). Symptômes dans le mois suivant l'utilisation de pesticides (i) respiratoires, (ii) musculaires, (iii) neurologiques, (iv) cutanés, (v) autres.				et 75 ans, histoire d'exposition 47 femmes 68 ne cultivent que du riz 48 traitent les cultures				élevés Somme des DAP=10,93 µg/g créatinine, DEPs=2,58, DMPs=8,34	avec la fréquence des symptômes Plus de symptômes chez les cultivateurs de riz + autres cultures	élevés chez les enfants.	
Sapbmrer R	2021	Insecticide Filtration Efficacité of	Pas de conflit d'intérêt déclaré.	Thaïlande	Les pesticides peuvent avoir différents	Non précisée	sans objet, étude labo	matériaux filtrant	non		non	mesure de pesticides dans	non		0,02-0,5 µg selon les	test répétés 5 fois par pesticide et par	les matériaux désignés pour la							



Référence				Méthodes													Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
		Respiratory Protective Equipment Commonly Worn by Farmers in Thailand	subvention du Thailand Science Research and Innovation Grant (Grant no. RSA6280030), de la Faculty of Medicine Research Fund, Chiang Mai University (Grant no. MT02/2562), du Environmental and Occupational Health Sciences and Non-Communicable Disease		effets sur la santé respiratoire. Les appareils de protection respiratoires sont peu portés en général, et en particulier dans les pays en voie de développement comme la Thaïlande, et on ne porte pas les bons (coût, disponibilité, confort mécanique et thermique). L'étude va donc tester différents matériaux utilisés pour se							des aérosols générés avant et après 10 matériaux filtrants, pour 6 insecticides			insecticides	matériau : on scelle sur une tête de mannequin les matériaux/appareils de protection respiratoire	protection respiratoire présente les plus faibles pénétrations, les masques chirurgicaux la pire							

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
			s Center of Excellence, Chiang Mai University Research Fund		protéger les voies respiratoire et comparer avec un demi masque + filtre P100.																			
Sapbarr R	2022	Efficiency of Gum Rosin-Coated Personal Protective Clothing to Protect against Chlorpyrifos Exposure in Applicators	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Thaïlande	Cette étude menée en Thaïlande a cherché à comparer l'efficacité de la protection de différentes combinaisons dont une combinaison traitée avec de la gomme de rosin contre du chlorpyrifos et des vêtements de travail quotidien dans des	Non précisée	Non précisée	Combinaisons de type Tychem, combinaison traitée avec de la gomme de rosin et vêtement de tous les jours. L'étude terrain a été menée lors d'un traitement avec chlorpyrifos à l'aide d'un pulvérisateur à dos motorisé pendant 20 mn.	Usage de la technique des patches.	Non	Non	Mesure de la température, de l'humidité relative et de la vitesse du vent. La température était comprise entre 27 et 28°C et l'humidité relative entre 75 et 77% et la vitesse du	Questionnaire d'inconfort avec une échelle de 1 à 7.	Coût cardiaque, température au niveau du tympan et % d'oxygène.		Les analyses terrain ne comportent que des mesures et n'intègrent pas d'observation des activités.	31 agriculteurs de plus de 18 ans.	20 min par test	chlorpyrifos, profenofos, omethoate, diazinon, cyperméthrin, and deltaméthrin	non	L'étude a montré que le pourcentage médian de protection des combinaisons commerciales était de 90,7%, de 89,2% pour celle traitée avec de la gomme de rosin et de 76,5% pour les vêtements de travail quotidiens. L'étude a montré que la combinaison traitée avec de la			

Référence				Méthodes												Résultats										
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres			
					conditions d'usage réel. De plus une étude a porté sur les problèmes de confort et physiologiques liés au port de la combinaison?							vent de l'ordre de 2km/h.												gum rosin était perçue comme plus confortable que les combinaisons commerciales. Enfin les combinaisons commerciales sont perçues comme générant plus de fatigue. L'étude a montré que le port de combinaison avait des effets physiologiques problématiques qui causent des effets d'inconfort.		
Saraji M	2022	Urinary metabolites of diazinon and	Pas de conflit d'intérêt déclaré	Iran	Risques de santé associés aux OPs: intoxicati	Non précisée	Pomme de terre (1 exploitation de	Non décrites. Expositions directes et	Non	Non	Urines de 24 h (pas de précision sur la	Non	Caractéristiques socio-démographiques	Non	GC/NPD	Pas d'observation de terrain: question	Hommes : 21 applicateurs et 17 travailleurs	NA	Mesures des métabolites urinaires d'OP:	Non	Pas de résidus dans le groupe de	Lien avec le port de gants, le masque, la durée	Non			

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		chlorpyrifos in sprayer operators and farm workers of a potato farm			ons dans les pays en voie de développement (300 000 morts par an). Utilisation du chlorpyrifos et du diazinon dans la culture de pomme de terre. Etude est la suite des résultats de l'étude de Saraji et al. (2021). Mesure de deux marqueurs urinaires (2-Isopropyl-6-méthyl-4-pyrimidinol (IMPy) et 3,5,6-Trichloro-2-		40 ha, qui emploie 297 personnes)	indirectes. Questions sur le port d'EPI et sur la durée de travail par semaine.			période de collecte et pas de T0?)					naires et mesures biologiques	rs volontaires: 10 tirés au sort dans chaque groupe Groupe de comparaison = 10 habitants à plus de 5 km de la ferme		IMPy et TCPy		comparaison. Présence de métabolites pour 8 applicateurs et 3 travailleurs.	de travail par semaine, et le type d'exposition.	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					pyridinol (TPCy)) chez des employés de ferme, des applicateurs et des personnes non-exposées aux pesticides.																		
Silverio ACP	2017	Assessment of exposure to pesticides in rural workers in southern of Minas Gerais, Brazil	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financé par Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brazil) et Fundação de Amparo à Pesquisa do	Brésil	Exposition des travailleurs ruraux aux pesticides est importante, spécialement dans les pays tropicaux, chauds et humides car pesticides piégés par l'eau (??). Multiples pesticides dont les organophosphorés (OPs) hautement	Fév-nov 2014; janv-juin 2015		Préparation + pulvérisateur	Non	Non	Oui Cholinestérasas, dialkylphosphates dans l'urine, biomarqueurs génotoxicité	Non	Questionnaire pour caractériser participants (dont EPI)	Évaluation clinique	Urine: SPE + dérivatif + GC/MS LOQ 0,04 et 0,08 µg/L. Sang: méthode Elman UV 430 nm. Citome assay: frottis buccal.		N=94 pour exposition aux pesticides, dont OPs; N=50 pour non exposés professionnellement aux pesticides ou autres agents génotoxiques	NA	Organophosphorés (plus utilisés: disulfoton, chlorpyrifos, acephate, methoate)		Exposés aux OP: + de faiblesse dans les muscles, plus irritable, plus agité, vision trouble, irritation nasale, bronches encombrées, système nerveux altéré chez 68 % des exposés aux OP, inhibition AChE, corrélation	Peu de port d'EPI, de nettoyage de matériel, respect des instructions de préparation ou du temps de récolte.	

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
			Estado de Minas Gerais.		nt toxiques. Effets long terme low doses difficile à démontrer, très haut risque pour la santé. Cette étude veut comparer exposition par différentes méthodes dans une population professionnelle exposée aux pesticides, dont OPs, et une population témoin selon différentes techniques.																		

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Spain S.	2020	Performance of a Single Layer of Clothing or Gloves to Prevent Dermal Exposure to Pesticides	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Utilisation de données ECPA.	Pays bas	EPI important dans la stratégie de mitigation des risques pesticides . Besoin de connaître des facteurs de protection pour ne plus utiliser "Potential dermal exposure " (PDE). Cette étude rassemble des bases de données de mesure d'exposition pour évaluer ces facteurs de protection pour les vêtements de	NA	NA	VP, gants	Oui WBD, patches, ADE et PDE	Non	Non	Non	Non	Non	NA	Étude statistique sur BD	NA	NA	Nombreuses	NA	Calcul de % de migration à travers matériaux x VP et gants	Type de matériaux, type de formulations, tâches, méthode de mesure de l'exposition	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					protection (VP) et les gants.																		
Taheri E	2021	Inhalation health risk assessment of occupational, exposure to cypermethrin in farmers	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Soutien financier académiques	Iran (1 région et 9 sites)	Iran 53ème pays au monde en termes d'usage de pesticides /ha (0,27 kg/ha en 2017). Cyperméthrin classé par EPA comme cancérigène possible, pas de justification sur pourquoi étudier cette molécule.	Mars à juin 2019	Arbres (n=9) et champs (n=33)	Seulement champs vs arbres testés et entre les 9 zones de la région	Non	Oui, tube XAD2 1 mL débit et 60 min de durée	Non	Non	Oui Données socio-démographiques, durée quotidienne de travail, fréquence et durée d'exposition. Données météo	Non	Non reporté	Semi-expérimentale car durée limitée à 60 min. Pulvérisateur à main Seulement une évaluation des risques	42 (nombre calculé a priori statistiquement, et >200 donc non faisable), sexe non présenté	60 min	Cyperméthrine	Calcul de la dose moyenne absorbée (estimation 15m3/jour comme volume respiratoire) et comparaison à AOEL	Aucune donnée individuelle d'exposition montrée, seulement % dépassement AOEL: 56% pour les arbres et 15% pour les champs	Aucun testé	Non
Taneepanichkul N	2014	Organophosphate pesticide exposure and dialkyl phosphate urinary metaboli	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Soutien financier par le NIH (USA)	Thaïlande	40% de la surface de la Thaïlande et 50% des travailleurs dévolus à l'agriculture:	Mars-Avril 2012	Piment (~1 ha)	Application en moyenne pendant 2 heures Pas de description du matériel ni des pratiques	7 patches: 10x10 cm sur/sous les vêtements (chapeau, poitrine)	Tubes XAD2, pompe 2L/min	Recueil d'urines avant l'application et après pendant 2 jours Collecte de l'urine du matin	Non	Entretien en face à face pour recueillir des variables sociodémographiques et des informations sur	Non	GC-FPD	Mesures en champ, l'opérateur réalise par lui-même une partie des	40 cultivateurs de piment (26 hommes et 14 femmes), identifiés à partir	NA	Métabolites du chlorpyrifos et du profenofos: DEP, DETP, DEDTP	Non	Niveaux urinaires les plus élevés = DETP le jour de l'application Pas de résidus sur les	Pas de relation entre la contamination cutanée et respiratoire Lien entre la contamination	Non





Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					l'étude est d'estimer l'exposition cutanée et respiratoire aux pesticides via la mesure de marqueurs urinaires.																		
Teferay M	2019	The greenhouse work environment: a modifier of occupational pesticide exposure ?			Revue de la littérature sur exposition dans les serres quelle que soit la production (horticole, floriculture...)											Revue de la littérature sur période avant 2018							
Thouvenin I	2016	Operator dermal exposure and protection provided by personal	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Etude financée par l'ANSES	France	Pas d'EPI spécifique pour l'utilisation des pesticides, port de vêtement en coton	août 2013		Préparation, pulvérisateur tracteur avec/sans cabine, nettoyage, coton	Oui WBD, ADE et PDE	Non	Non	Non		Observation	LC/MS-MS: µg/100 cm2 pour le tablier, 5 µg/100 cm2	Encadré: consignes de déshabillage, pour changement de tablier et	N=15 hommes	294 min en moyenne	Spinosad SC 48%	Non	Compliqué à résumer et calcul pas clair. Protection supérieure à 98 %	Combinaison overall + tablier, problème de gants contaminés reporté, pas de	

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		protective equipment and working coveralls during mixing/loading, application and sprayer cleaning in vineyards			répandu en agriculture. Mesure de l'efficacité d'un coverall en coton enduit + tablier pour préparation et nettoyage.			enduit pour vêtement de protection (VP), gant nitrile, tablier type 3							pour les combinaisons, 0.5 µg/1000 cm <sup>2</sup> pour les sous-vêtements, 0.25 µg/2 patches, 0.5 µg/L pour le lavage des mains et 10 µg/pair de gants (moitié de la LOD ou LOQ pour les calculs).	de gant entre les étapes					pour le corps VP + tablier.	calcul de facteur de protection, seuls 3 opérateurs ont porté les gants pour les tâches de "mixing and loading"	
Thredgold L	2019	Exposure of Agriculture Workers to Pesticides: The Effect of	Pas de conflit d'intérêt déclaré.	Australie	La manipulation et l'application de produits chimiques peuvent avoir lieu	Non précisée	Etude en laboratoire		Non	Non	Non	Non	Non	Non	N/A	Mesure de la résistance à la perméation de gants de protection en	N/A		Dichlorvos		Les temps de pénétration du dichlorvos dans les gants en polychlorure de		





Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
																					362 µg/cm <sup>2</sup> (p = 0,0032) et la force d'application de 29,8 ± 5,7 à 115 ± 19 µg/cm <sup>2</sup> (p = 0,0131). Ces travaux illustrent le rôle important que joue la température dans la performance des gants et le risque pour la santé via l'exposition cutanée. Il est donc important de prendre en compte les		

Référence				Méthodes													Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres		
																								conditions de température en cours d'utilisation lors de la mise en œuvre de programmes d'hygiène chimique.	
Tsakirakis A	2018	Determination of pesticide dermal transfer to operators and agricultural workers through contact with sprayed hard surfaces	Pas précisé. Un auteur est affilié à Eurofins et un auteur est affilié à TNO. Projet Browse.	Grèce (Crète)	Caractérisation du transfert de pesticides entre surfaces contaminées présentes en serres (plastique, métal, bois) et les mains gantées en coton humide (pour mimer la transpiration ou l'humidité de la culture)/sec car ce peut être	ND	Culture serricole	Étude en condition de laboratoire, mimant le contact entre les mains et les surfaces contaminées lors de travaux de réentrée ou de pulvérisation, et selon différentes durées de contact.	Oui Gants collecteurs en coton pour capter les résidus délogeables (sur sec) ou enlevables (sur humide)	Non	Non	Oui, contamination des surfaces	Non	Non	LC/MS-ESI (0,007 µg-1 cm <sup>2</sup> )	Conditions expérimentales avec une quantité précise de substance déposée sur une surface plane de 1m <sup>2</sup> en serres + des dosimètres à proximité de la zone pulvérisée. Pression	NA Pas d'individus et triple répétition de 18 scénarios = Bois ou plastique ou métal avec gant (humide ou sec), selon 3 durées de contact variables (10, 30 ou 50 secondes), soit 54 mesures au total.	10, 30, 50 s	Tebufenozide SC 24%	Non	Quelques µg/10 µg dans les conditions de l'étude. Contamination maximale = sur le métal, 78% de transfert avec un gant mouillé et une pression de 50 secondes	Temps de contact, la pression et le type de matériau influencent la quantité de résidus transférée sur le gant: métal > plastique > bois	Expérimentation pas très reproductible. Ramwell montrait aussi un maximum de transfert sur le métal (80%)		

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
					une source d'exposition non négligeable. Dénommée exposition secondaire, concerne aussi le transfert depuis le matériel. Se mesure par des essayages (par exemple recommandée par la National Agricultural Chemicals Association) ou avec des rouleaux en mousse de polyuréthane ou par pression											exercée à l'aide d'une surface métallique 10x10 cm placée dans un gant sur la surface pendant 10, 30 ou 50 secondes								



Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					avec un filtre.																		
Van den berg F	2016	Modelling exposure of workers, residents and bystanders to vapour of plant protection products after application to crops																					
Wong HL	2018	Assessment of exposure of professional agricultural operators to pesticides	Pas de rubrique et conflit d'intérêt. Financement de FERA science limited UK et le gouvernement de Malaisie.	Malaisie	Effets de santé retrouvés chez agriculteurs, mais difficultés à mesurer l'exposition aux pesticides, d'où le développement de modèles prédictifs. Modèle AOEM remplace UK-POEM	Non applicable car modélisation, mais intègre des études avec des données de terrain concernent les années 2012-2013	Arboriculture en GB et Grèce, Labours pour GB, Grèce et Lituanie	Effets de ceux utilisés dans le modèle (i.e., type de culture, quantité, EPI, cabine, formulation)	Non	Non	Non	Non	Non	Enquêtes menées dans 8 pays européens (ni France ni Allemagne) sur les pratiques (400 fermes, 645 pulvérisateurs et 36 000 traitement	NA	Modélisation	400 fermes, mais 10 tirées au sort pour chaque système (arboriculture pour 2 pays et labours pour les 3 pays)	tous les traitements d'une année complète	Toutes celles appliquées en une saison	Non	Modèle AOEM appliqué à tous les traitements, et confrontation des résultats à AOEL	Effets de ceux utilisés dans les modèles (type de culture, quantité, EPI, cabine, formulation)	

Référence				Méthodes											Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					et German mais il a des lacunes notamment concernant l'utilisation de pulvérisateur à dos (préparation et application). Utilisation des modèles AOEM en prenant des caractéristiques de traitements de 3 pays pour les 3 zones européennes (nord=Lituanie, centre=Grande-Bretagne et sud=Grèce).									ents) et utilisation de AOEM pour prédire les niveaux d'exposition et confrontation des données avec AOEL									

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	An née	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Expo externe cutané e	Exposition externe respi	Expo interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
Wong HL	2021	Assessment of occupational exposure to pesticides applied in rice fields in developing countries: a review	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Etude financée par une bourse de thèse.	16 études en Asie	Riz produit à 96% dans des pays en voie de développement, deux à trois récoltes par an, irrigation de 50% des terres plantées. Culture en augmentation. Insecticides sont les plus utilisés, devant les herbicides, puis les fongicides. Il existe des données de santé sur les riziculteurs. Il manque des données d'expositi	Littérature jusqu'en Novembre 2019 (première étude en 2007) Bases de données = Web of Sciences (WOS) et Google scholar	Riz	12 études sur les pulvérisateurs à dos 11 études sur les applications dont 3 incluent la préparation	6 études de terrain sur la contamination	A voir au sein des études ayant mesuré la contamination externe	10 études reposant sur des données de biomarqueurs	Non	Présents dans 13 études	3 études correspondent à des modèles prédictifs	NA	Revue de la littérature	22 études identifiées avec l'algorithme élaboré	NA	Chlorpyrifos a été le plus étudié (N=11) Ensuite insecticides (N=15), fongicides (N=7), herbicides (N=5) 15 de ces molécules ont été interdites en Union Européenne	NA	NA	Profils démographiques, variété de riz, destination de la culture, zones géographiques	

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					on pour la mise sur le marché et pour la recherche épidémiologique. Revue ayant pour but d'évaluer les méthodes et les critères/résultats des 22 études retenues quantifiant l'exposition aux pesticides chez des cultivateurs de riz.																		
Yan X	2021	Minimizing Occupational Exposure to Pesticide and Increasing Control Efficacy of Pests by	Pas de conflit d'intérêt déclaré. Financement de National Natural Science Foundat	Chine	La culture des haricots en zone tropicale requiert un haut niveau de protection. Dans la province du Hainan,		Niébé/haricot	Pulvérisateur par UAV ou pulvérisateur à dos	Oui Whole body method (WBD) avec coton + capuche + gants en	Non	Non	Vitesse du vent, température, HR	Non	Non	Lecteur microplaque	Oui WBD (coton) + capuche + gants en coton + masque chirurgical. PDE. Pour les deux	N=2 (1 homme + 1 femme), expérimentés pour pulvérisateur à dos. Chaque sujet	11,5-12,9 min pour pulvérisateur à dos.	Spinetoram SC 60 g/L+ traceur Allura Red	NA	Niveau d'exposition en Allura Red pour: - pulvérisateur à dos: 1388-2516 mg/kg - pour pulvérisat	Type de pulvérisateur	Traitement par UAV plus efficace que par pulvérisateur à dos pour lutter contre les thrips, consomm

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthode des pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
		Unmanned Aerial Vehicle Application Cowpea	ion of China (NSFC). Auteurs de l'Académie des sciences de l'Agriculture et de National Key Research and Development Plan of China.		les agriculteurs ont eu recours à une utilisation aveugle des pesticides à partir de pulvérisateur à dos ou de "pulvérisateur monté sur chariot" (UAV) qui génère une forte exposition dans les champs de haricots (culture haute, en rangs). D'après leurs caractéristiques, le pulvérisateur par UAV constitue une réponse pour				coton + masque chirurgical. Potential dermal exposure (PDE). Pour les deux opérateurs, utilisation du pulvérisateur à dos et le pilote de l'UAV						opérateurs, utilisation du pulvérisateur à dos et le pilote de l'UAV		pulvérisé 3 fois.				eur pilote UAV: 135 mg/kg		e moins d'eau.

Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					réduire l'exposition des travailleurs.																		
Zemouri B	2022	Modelling human health risks from pesticide use in innovative legume-cereal intercropping systems in Mediterranean conditions	Rien de mentionné. Financement très majoritaire de PRIMA foundation.	Algérie	Afin de réduire les impacts environnementaux des pesticides (par la réduction de leur utilisation ou pas), des pratiques agricoles innovantes sont développées. Cela semble fonctionner, mais l'impact de ce changement de pratiques sur les effets potentiels à la santé humaine ne sont pas connus.	2019-2021	3 sites pour la modélisation. Pois et orge cultivés seuls ou en intercalaire, avec labour, labour réduit ou sans labour.	NA	NA	NA	NA	N, P, sol.	Non	Non	Non	Pure exercice de modélisation à partir de données réelles de pratiques agricoles	NA	NA	Substances effectivement utilisées sur les parcelles ayant permis de recueillir des données terrain pour le modèle	Modèle BROWSE pour estimer l'exposition des opérateurs, travailleurs, résidents, bystanders à court et à long terme	Le modèle fournit des niveaux d'exposition selon les cultures (voir culture-élevage secteur). Exposition aux pesticides augmente avec peu ou pas de labour (herbicides) et les monocultures. Rendements meilleurs en culture intercalaire que monoculture. Introduction d'un	Pratiques de labour et de culture intercalaire	

Référence				Méthodes												Résultats							
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					Cet article propose d'évaluer ces pratiques à l'aide du modèle BROWSE.																human risk index, qui montre des valeurs supérieures à 100 % selon certaines modalités pour l'opérateur.		
Zeveid egani	2020	POEM model application feasibility with Diazinon poison using cholinesterase activity level measurement of farmers in the west regions of Iran	Pas de conflit d'intérêt identifié	Iran	L'exposition professionnelle la plus courante chez les agriculteurs est l'exposition aux pesticides. Les pesticides organophosphorés (OP) sont largement utilisés pour lutter contre les parasites dans l'agriculture. Le principal	Non précisé		Un groupe d'agriculteurs étaient équipés d'EPI et un autre groupe ne l'était pas.			Mesure de l'activité de la cholinestérase	NA	Un questionnaire a été utilisé pour retracer les dernières expositions (entre 3 et 6 mois), les tranches d'âge, la durée moyenne de pulvérisation (3h/semaine), l'histoire de la personne, sa consommation de tabac et les intoxications passées.	Non	NA	Dans cette recherche descriptive et analytique, les agriculteurs ont été divisés en deux groupes exposés au diazinon. Un groupe d'entre eux portait un équipement de protection	34 agriculteurs		Organophosphates	NA	L'activité moyenne de l'enzyme PChE dans les groupes avec et sans équipement de protection individuel était de 11639,3 mg/l et 8516,3 mg/l, respectivement. La dose totale absorbée moyenne prévue et		Cette étude a montré que l'utilisation d'équipements de protection individuelle prévient les effets des pesticides en réduisant l'activité de la PChE. Avec l'augmentation de l'activité de la PChE, les valeurs des

Référence				Méthodes													Résultats										
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres				
					mécanisme de toxicité des organophosphates (OP) est l'inhibition irréversible de la butylcholinestérase et de l'acétylcholinestérase. Le modèle POEM (Predictive Operator Exposure Model) a été élaboré pour évaluer l'exposition aux pesticides et leur absorption. L'objectif de cette étude était d'estimer l'exposition aux											individuelle (EPI) complet, tandis que le second groupe, composé d'agriculteurs travaillant quotidiennement, ne portait aucun équipement de protection individuelle. Avant et après la pulvérisation, un échantillon de sang a été prélevé sur les deux groupes d'agriculteurs, ainsi que sur le groupe témoin.								l'exposition totale prévue à la substance toxique dans le groupe avec EPI étaient respectivement de 9,1 mg/jour et 0,15 mg/kgbw/jour et dans le groupe avec EPI étaient respectivement de 0,5 mg/jour et 0,009 mg/kgbw/jour. En utilisant le modèle POEM, l'exposition cutanée moyenne, le pourcentage d'absorption cutanée,			paramètres du modèle POEM diminuent, comme la dose absorbée par la peau et l'inhalation de la toxine. Par conséquent, le modèle POEM peut être utilisé pour vérifier l'exposition des personnes aux pesticides. Enfin, cette étude suggère que le modèle POEM peut être considéré comme un outil de dépistage permettant



Référence				Méthodes													Résultats						
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respiratoire	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres
					organophosphorés à l'aide du modèle POEM et de comparer ses résultats avec le niveau d'activité de la cholinestérase plasmatique (PChE) chez les agriculteurs des régions occidentales de l'Iran											L'activité de la cholinestérase plasmatique a ensuite été mesurée par le DGKC (German Biochemical Society) et un appareil photométrique. L'exposition des agriculteurs aux OP a été estimée à l'aide du modèle POEM.					la dose absorbée au moment de la préparation de la solution de poison et de la pulvérisation étaient significativement plus élevés dans le groupe sans EPI que dans le groupe avec EPI (P<0,001)		d'identifier les personnes exposées aux pesticides en vue des étapes suivantes de surveillance biologique, de diagnostic et de traitement.
Zhao MA	2015	Potential dermal exposure to flonicamid and risk assessment of applicators during treatment	Projet soutenu par une fondation de recherche chinoise	Corée	Flonicamide= insecticide pyridine-carboxamide, depuis 2000, avec une toxicité aiguë sur	Non précisée	Vergers de pommes (hauteur 4 m)	Préparation (mesures seulement sur les mains) et application Pulvérisateur tracté sans cabine	EPI fournis: combinaison avec capuche Patches dans un support	Filtres en fibres de verre + résine XAD2 Pompe 1 L/min Débit respiratoire	Non mesurée	Non	Non	Non	GC-ECD LOD=0.05 ng LOQ=0.2 ng		2 applicateurs répétitions de la préparation 15 fois pour capter la variabilité (8 fois	28 à 51 minutes	Flonicamide WG (500 g de flonicamide WG 10% mélangé à 1000 L d'eau)	Extrapolation à 4h de travail par jour Prise en compte d'une absorption de 10% et pénétration des		Partie haute et basse du corps également contaminés Côté droit plus contaminé	

Référence				Méthodes												Résultats								
1 <sup>er</sup> auteur	Année	Titre	Conflits d'intérêt déclarés	Pays	Contexte	Date de l'étude	Culture Élevage Secteur	Tâches Matériel EPI	Exposition externe cutanée	Exposition externe respi	Exposition interne	Mesures environnement	Questionnaire utilisé (domaines)	Autres méthodes de mesure	Méthode analytique (LQ, méthodes pour les <LQ)	Design	N ? Sexe	Durée observation	Molécules suivies	Algorithme	niveaux	déterminants	Autres	
		nt in apple orchard			le foie, le rein et système hématopoïétique. Il agit sur l'insecte en bloquant l'alimentation de l'insecte. Principalement excrété dans l'urine et peu métabolisé. N'altère pas l'acétylcholine esterase ou les récepteurs nicotiques.				(N=13) Masquage en coton (évaluation exposition faciale), gants en coton (au-dessus des gants en latex) et chaussures en coton pour échantillonnage	toire estimé à 1740/h							pour l'Opérateur 1 et 7 fois pour l'Opérateur 2)				vêtements 10%			

## Tableau récapitulatif de la littérature en sciences humaines et sociales

Référence	Type d'étude	Aires géographique Populations exposées Produits	Statut de l'exposition aux pesticides (problématique de l'étude)	Principaux résultats
Adechian et al. (2015)	Enquête qualitative par questionnaire auprès de 150 producteurs	Bénin - 6 villages d'une importante région agricole  Maïs et Coton	Obtenir des informations sur les usages de pesticides : quels pesticides sont utilisés ; leur provenance (circuit formel ou informel) ; quelles quantités ; distance aux points d'eau (une des préoccupations de l'article est la question de la pollution de l'eau qui est utilisée pour de nombreux usages dont l'alimentation et des ressources en poisson) ; quelles précautions prises par les agriculteurs durant l'application ; gestion des contenants (une grande problématique en Afrique et en Asie du Sud-Est).	Grande diversité de produits utilisés (16 herbicides et 14 insecticides commerciaux). Matières actives les plus utilisées classées comme des toxiques pour l'environnement et présentent des dangers pour l'homme. Seul un tiers environ des produits utilisés est homologué au Bénin. L'approvisionnement se fait soit par un circuit formel, soit par un circuit non formel. Les deux circuits approvisionnent en produits homologués et non homologués. Les doses appliquées sont généralement supérieures aux doses recommandées. Près de la moitié des cultures se trouvent à moins de 500m d'un point d'eau. Les producteurs connaissent généralement les risques pour leur santé mais n'utilisent pas de protection (EPI) à cause du coût et de l'impossibilité de travailler avec des EPI sous de fortes chaleurs. Certains font attention au sens du vent, portent un chapeau, se passent du Karité sur le corps pour se protéger. Les producteurs estiment qu'ils ont développé une immunité vis-à-vis des pesticides et ne s'expriment pas sur les maux éventuels associés aux expositions. Ils ne font pas attention à la péremption des pesticides et, comme il n'existe pas de système de collecte des emballages, ces derniers sont jetés dans la nature ou sont réutilisés à des fins domestiques.
Afshari et al. (2021)	Revue de littérature	Monde	Les auteurs cherchent à mesurer l'effet d'interventions destinées à promouvoir la réduction des risques professionnels liés aux pesticides (programmes de formation, fourniture d'équipements de protection, innovations technologiques sur le matériel de traitement, évolution réglementaire) sur la base d'une revue de littérature.	Dans leur grande majorité, les études citées testent l'effet de programmes de formation destinés aux travailleurs concernés. Un article étudie également l'effet de mesures incitatives (fourniture de vêtements de protection). Aucun ne s'intéresse à l'effet d'interventions techniques sur le matériel de traitement ou d'évolutions réglementaires. Parmi les résultats notables, les programmes de formation semblent plus efficaces auprès d'un public constitué d'exploitants et de membres de la famille que d'un public de salariés agricoles. De manière générale, ces formations produisent des résultats en matière d'information et de représentation sur les risques des pesticides. En revanche, leurs effets concrets sur les pratiques de prévention sont plus modérés.
Albert (2020)	recherche transdisciplinaire ergonomie et droit	France		Cet article publié dans une revue juridique propose une approche en ergonomie et en droit pour questionner 3 niveaux d'analyse : l'usage des pulvérisateurs par les viticulteurs, les activités de conception de ces derniers et les activités de conception des textes réglementaires encadrant les pulvérisateurs. Il met en avant une chaîne de déterminants des expositions, qui comprend les éléments qui constituent la situation de travail (qu'ils soient techniques humains ou organisationnels), mais aussi des éléments plus macroscopiques comme les méthodes de conception des pulvérisateurs comme les textes réglementaires et en particulier les normes techniques ou la directive machine.
Albert et al. (2021)	Proposition d'une approche méthodologique	France		Cet article à visée méthodologique cherche à articuler les approches en ergonomie, en ergotoxicologie et instrumentale pour agir sur la conception des pulvérisateurs. Il met accent sur un grand nombre de difficultés rencontrées par les agriculteurs dans l'usage des pulvérisateurs. Il cherche à prendre en compte les savoir-faire et savoir-faire de prudence développés par les viticulteurs pour venir enrichir les processus

				de conception.
Albert, Garrigou & Charbonneau (2023)	Recherche pluridisciplinaire ergonomie et droit	France	L'étude ergotoxicologique comprenait des mesures d'exposition.	Au cours des traitements réalisés par les agriculteurs, les pulvérisateurs jouent un rôle important dans l'apparition de situations d'exposition aux pesticides. Si le processus de conception de ces machines ne tient pas suffisamment compte de l'activité des agriculteurs, cela s'explique notamment au regard des normes juridiques et techniques applicables. Du fait de leur contenu et de leurs conditions d'élaboration, ces normes peuvent être considérées comme des déterminants des situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs.
Anastario et al. (2021)	Enquête qualitative et quantitative. 40 mois d'observation participante + questionnaire administré à 128 agriculteurs.	Salvador Agriculteurs Pesticides les plus évoqués par les enquêtés : le paraquat, glyphosate, atrazine, cyperméthrine, malathion, phosphore d'aluminium Utilisation du mot "poison" pour désigner les pesticides	Participe d'une recherche qui vise à reconstituer les transformations des pratiques agricoles, le changement climatique et l'augmentation des maladies rénales sans cause identifiée dans la région étudiée.	Les expositions décrites par les agriculteurs : cutanées, dans le dos notamment, résultantes des fuites des pulvérisateurs à eau ou via les mains avec lesquelles ils appliquent des pesticides sur les semences ; par ingestion ; respiratoires. Expositions au domicile via le traitement des semences qui y est réalisé. Pas de port d'EPI car incompatibles avec les températures élevées + résistances culturelles. Faible régulation des produits chimiques utilisés en agriculture et peu de mise en oeuvre.
Arimiyaw, A. W., et al. (2020)	Enquête qualitative, entretiens avec 66 personnes impliquées dans le maraîchage en zone urbaine (4 zones). Tous pesticides. Questions aussi sur l'utilisation des eaux d'irrigation contaminées, et sur l'usage de fertilisants.	Ghana, Kiosi	L'étude vise à faire une analyse de la perception du risque pour leur santé et celle des consommateurs du recours à trois types de produits dans l'activité maraîchère: les eaux de canalisation (souillées); des fertilisants (fientes de poule principalement); des pesticides. Elle propose de replacer la perception des risques dans le contexte culturel et économique des personnes interrogées.	L'étude montre, sur la thématique des pesticides, que la plupart des personnes interrogées, hommes comme femmes, ont conscience des dangers attachés à l'utilisation des pesticides, mais minorent néanmoins ces dangers qu'ils font courir pour leur santé (exposition directe, indirecte, et alimentaire) et celles des consommateurs qui achètent leurs produits (consommation alimentaire de produits avec résidus), notamment parce qu'ils mettent en avant qu'ils ne sont pas beaucoup tombés malades et que les consommateurs continuent à acheter leurs produits. L'enquête met en évidence que les maraîchers font l'expérience de petites gênes de santé liées à l'utilisation des pesticides (irritation, problème de peau, etc.) mais ont peu conscience des risques à long terme. L'enquête suggère que les maraîchers traitent régulièrement leurs produits avec des pesticides, pour satisfaire les attentes qu'ils perçoivent des marchés en termes de produits esthétiques et sans défauts. Elle insiste sur le fait que la plupart des agriculteurs/trices n'utilisent pas d'équipements de protection, car il les jugent trop inconfortables.
Ayaz D et al. (2022)	Revue de littérature	Monde	Cette revue de littérature est centrée sur la question de l'efficacité des programmes de formation visant à réduire l'exposition des travailleurs agricoles (« <i>agricultural workers</i> ») aux pesticides.	L'analyse montre que les programmes de formation ont un effet important sur le niveau de connaissance des risques, mais un effet modéré sur les comportements et un effet faible sur la perception des risques.
Ba et al. (2016)	Enquête qualitative au moyen de questionnaires (60), d'entretiens approfondis (8) et de	Sénégal - Importante zone maraîchère péri-urbaine près de Dakar Maraîchage	L'enquête a visé à caractériser le profil et le statut des producteurs ; analyser les pratiques agricoles (approvisionnement en eau ; fertilisation organique et	Principaux pesticides utilisés (organophosphorés, des organochlorés et des carbamates) sont des insecticides, mais on trouve aussi des nématicides et des fongicides. Les organophosphorés sont les plus utilisés et achetés sous différentes formes (poudres, granulés, liquides). Traitements sont réalisés par pulvérisateur manuel – mais on trouve aussi la technique d'épandage sur les planches.

	focus groupes (2).	Producteurs (souvent précaires sans titre de propriété)	inorganique ; phytosanitaires)	<p>Les producteurs respectent le dosage pour la préparation mais pas pour l'épandage (surface totale à traiter par dose), avec pour conséquence un sous-traitement. Ils considèrent aussi qu'ils ne peuvent plus faire sans pesticides (« la terre s'est habituée »).</p> <p>Ils ne respectent pas les consignes de sécurité données et ne se protègent pas alors même qu'ils connaissent généralement la toxicité des produits. Les raisons invoquées à la non protection sont celles du coût du matériel (combinaison, gants, bottes) et le fait qu'ils ne sont pas malades.</p> <p>L'occultation des maladies est constatée par les enquêteurs – les maladies ne sont pas attribuées aux pesticides).</p> <p>Des pratiques d'évitement sont constatés (éviter de toucher les produits directement).</p>
Ben Khadda,Z. et al. (2021)	<i>Cross sectional study</i> par questionnaire	Maroc Deltamethrin, Carbendazim, Glyphosate, Malathion, Lambda-cyhalothrin, Maneb, Methomyl and Mancozeb.	L'objectif de l'étude était de mener une enquête transversale dans 15 communautés rurales de la région de Fes Meknes au Maroc pour évaluer les attitudes, les connaissances et les pratiques concernant l'utilisation des pesticides	L'étude ( <i>cross sectional study</i> ) a été menée auprès de 526 agriculteurs sur la base d'un questionnaire. Elle portait sur les connaissances, attitudes et perceptions relatives à l'usage des pesticides dans la région de Fez/Meknes au Maroc. Les résultats font apparaître que la grande majorité des travailleurs n'a pas été formée à l'usage des pesticides. La moitié des agriculteurs utilisaient des pesticides considérés comme cancérigènes probable. Les auteurs rajoutent que bien que les agriculteurs étaient conscients des dangers pour la santé des pesticides, les mesures de protections y compris en termes d'EPI étaient insuffisantes.
Brisbois (2016)	Recherche qualitative auprès d'agriculteurs, de techniciens et de salariés agricoles précaires dont 8 mois d'observation participante.	Equateur Agriculteurs (petits agriculteurs fragilisés comme agriculteurs plus importants), techniciens, salariés agricoles précaires. Secteur de la banane.	<p>Montrer les importantes limites des approches individualisantes reposant sur l'hypothèse que les expositions aux pesticides sont avant tout le résultat d'une déficience de connaissances et de mauvaises pratiques individuelles et qui conduisent à des interventions visant à éduquer les personnes travaillant en agriculture.</p> <p>Montrer l'importance de développer des approches multi-échelles qui interrogent des dimensions structurelles de l'exposition et la manière dont les personnes concernées par les expositions approchent ces dimensions multiscalaires.</p>	<p>Présentation et discussion des travaux qui discutent et objectivent les approches individualisantes et des différentes littératures qui approchent les expositions aux pesticides d'un point de vue structurel, et qui mettent l'accès sur d'autres échelles et acteurs, ainsi que sur les fortes inégalités de pouvoir entre les différents acteurs opérant à différentes échelles.</p> <p>L'enquête empirique met en évidence chez les enquêtés la mobilisation dans les récits qu'ils et elles font des origines de leurs expositions et problèmes de santé associés de différentes échelles : celles des individus ; celles des coopératives de petits exploitants ; celle de l'Etat équatorien ; celle du monde de la consommation de la banane.</p> <p>Toutes les échelles ne sont pas développées par tous les enquêtés et que la convocation de certaines échelles comme déterminant l'exposition aux pesticides pour soi-même ou pour d'autres dépend en partie de la position sociale dans l'espace de production de la banane de la région.</p>
Brisbois, Harris et Spiegel (2018)	Recherche qualitative auprès d'agriculteurs, de techniciens et de salariés agricoles précaires dont 8 mois d'observation participante. L'article mobilise spécifiquement des entretiens réalisés auprès de 30 personnes.	Equateur : les régions d'EI Oro, parmi les plus importantes pour la production de la banane à l'échelle mondiale. Agriculteurs (attention aux petits planteurs fragilisés) ; salariés agricoles précaires ; techniciens. Secteur de la banane	<p>Montrer comment des approches relevant de la « political ecology of global health » permet de mieux comprendre la production et la gestion de problèmes de santé globale comme des problèmes opérant dans des espaces aux marges affectant des populations disposant de peu de ressources socio-économiques, politiques, sanitaires ;</p> <p>Identifier auprès des personnes rencontrées les « des « scalar</p>	<p>Revue de littérature théorique.</p> <p>Histoire longue et récente de la structuration du secteur la banane en Equateur et de son insertion dans le marché global de la banane : structuration agro-industrielle actuelle, repose sur une utilisation intense de pesticides, un salariat extrêmement précarisé conduisant à une exposition massive de ces ouvriers et ouvrières ainsi que des petits producteurs marginalisés mais toujours présents.</p> <p>Récits/explications à l'exposition proposés par les personnes rencontrées extrêmement cohérents avec ce que montre l'histoire récente du secteur de la banane de cette région (avec une insistance sur les rapports de forces et les dimensions structurelles).</p> <p>Existence d'explications invoquant les pratiques et la responsabilité individuelles, produites par les personnes qui bénéficient de quelques privilèges et portant sur les autres (qui n'en ont pas).</p> <p>Complexité des subjectivités et des affects qui éclairent l'expérience (corporelle) que ces travailleurs et travailleuses de la banane ont des pesticides et des actions qu'ils et elles peuvent éventuellement entreprendre pour limiter les expositions : fatalisme et impuissance (vivre et travailler dans un environnement sursaturé de pesticides sans grandes possibilités d'action) ; anxiété ; formes de résistance.</p>

			narratives of pesticides and health » (e.g. rendent compte des inégalités structurelles dans lesquelles elles sont prises qui conduisent à des surexpositions affectant leur santé).	
Buralli et. al. (2021).	L'étude comprend deux étapes : l'une qualitative, basée sur des observations sur le terrain et des entretiens avec 25 participants sur le KAP concernant l'utilisation des pesticides ; et l'autre quantitative, évaluant les données sociodémographiques et l'exposition aux pesticides chez 78 agriculteurs.	Brésil	Cet article examine les connaissances, les attitudes et les pratiques (CAP) des agriculteurs familiaux brésiliens concernant l'impact des pesticides sur la santé et l'environnement.	Bien qu'ils reconnaissent partiellement le danger des pesticides, les agriculteurs sont confrontés aux risques d'exposition et adoptent généralement des pratiques de travail inappropriées. Le manque de soutien technique et de formation professionnelle, le faible niveau d'instruction, la difficulté à comprendre les instructions figurant sur les étiquettes et les notices des pesticides, le prix élevé et l'inconfort causé par l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI), ainsi que la croyance en la nécessité d'utiliser des pesticides, des informations ont été recueillies concernant l'utilisation des pesticides, les connaissances, les attitudes et les pratiques susceptibles d'influencer l'exposition, telles que le contact actuel ou passé, la durée de l'exposition, l'âge auquel les personnes interrogées ont commencé à pratiquer l'agriculture, les activités exercées, l'exposition du ménage (par exemple, pour la lutte contre les parasites domestiques ou le jardinage, etc. Par rapport aux hommes, les femmes interrogées dans le cadre de cette étude se sont montrées plus préoccupées par les effets négatifs potentiels des pesticides sur la santé. Cette perception ne s'est toutefois pas traduite par des mesures de protection plus fortes, ce qui explique en partie les attitudes peu sûres.
Bureau-Point (2021)	Etude qualitative reposant sur de l'ethnographie de longue durée, des entretiens, de l'étude documentaire	Cambodge Petits producteurs Agriculteurs et agricultrices	Etudier les crises engendrées par l'utilisation des pesticides qui est récente au Cambodge et qui s'accélère rapidement.	Analyse de la régulation cambodgienne qui date de 2012. Système d'enregistrement des produits : Le volume des produits entrés légalement est conséquent (61500 tonnes en 2018). Multiplicités des produits utilisés. Cependant les frontières sont poreuses et des produits entrés illégalement circulent facilement aussi dans le pays. Les vendeurs et les paysans ont une mauvaise connaissance des réglementations en vigueur – notamment des pesticides autorisés et interdits. Système d'étiquetage avec des pictogrammes : Il s'agit de mieux informer les agriculteurs des dangers et des mesures de protection à prendre. Les EPI sont recommandés mais il est difficile de s'en procurer dans le pays et ils sont peu adaptés au climat du pays. Les paysans portent donc des habits normaux, des masques artisanaux en tissu. Ils utilisent des pulvérisateurs à dos. L'exposition aux produits des agriculteurs est ainsi « maximale » « moins par ignorance que par commodité ». Bien qu'il existe, via des partenariats internationaux, des programmes de formation des producteurs à un usage raisonné des pesticides, les paysans suivent d'autres logiques (par exemple, mélanger de nombreux produits car dans la médecine traditionnelle on mélange les médicaments pour qu'ils soient efficaces). L'article montre que se développent récemment des questionnements sur les pesticides qui sont perçus par les paysans même comme à double tranchants, à la fois médecine et poison. L'anthropologue constate : des adaptations des corps et des pratiques de déni des risques mais aussi la reconnaissance de l'existence de maladies imputées aux pesticides qui rendent ensuite le travail difficile ; une attitude différenciée entre les hommes et les femmes, ces dernières ne devant pas effectuer les traitements : la prise de conscience des problèmes posés par les pesticides chez les paysans cambodgiens est associée à « des sentiments d'impasse, d'engrenage et d'abandon social » Montre la complexité des déterminants de l'utilisation des pesticides et par là, des possibilités de limiter leurs usages et de prévenir les expositions.
Clausing (2019)	Etude documentaire et observation participante. L'auteur est un acteur (ONG) de la	Europe	Etude de l'influence des acteurs économiques puissants et leur capacité à orienter les décisions prises par les systèmes de régulation des pesticides à partir de l'exemple	Il discute du fonctionnement du système européen d'autorisation de mise sur le marché et apportent des éléments pour expliquer la réautorisation du glyphosate

	controverse étudiée.		du glyphosate. Il discute du fonctionnement du système européen d'autorisation de mise sur le marché et apportent des éléments pour expliquer la réautorisation du glyphosate	
Coman et al. (2020)	Revue systématique de littérature en psychologie	Monde	Revue de littérature visant à faire le point sur la littérature existante sur les formes d'intervention pour améliorer la « <i>health literacy</i> » et la « <i>safety literacy</i> » des travailleurs agricoles	L'étude 36 articles publiés de 1996 à 2018. Elle souligne l'absence d'études portant sur les interventions en Europe qui ont pour enjeu l'exposition aux pesticides. Dans les autres contextes, elle souligne que l'efficacité des interventions visant à la transformation des connaissances et des pratiques sur la santé au travail est améliorée par : des approches communautaires ou participatives ; des interventions adaptées, qui prennent en compte le profil des destinataires de l'intervention et leur culture ou compétences (maîtrise de la langue, etc.) ; des interventions répétées ; des interventions articulées à des dispositifs officiels des politiques publiques.
Coudel et al. (2021)	Recherche action transdisciplinaire née à la suite de l'interpellation d'un mouvement social (syndicats d'agriculteurs familiaux d'Amazonie région de Santarém, dans l'État du Pará au Brésil) Ont aussi été mobilisés : l'expérience de certain.es des auteur.rices dans les instances du territoire enquêté ainsi qu'une série d'entretiens (10) et 3 ateliers participatifs.	Brésil – Amazonie 544 agriculteurs familiaux	L'article interroge la production d'ignorance et de connaissance et la relation entre production de connaissances sur des effets délétères et construction d'un problème public.  Objectif : éclairer les difficultés des agriculteurs promouvant l'agroécologie dans un contexte dominé par l'agriculture industrielle qui utilisent des quantités de pesticides parmi les plus élevées au monde (par hectare) et la fermeture politique les empêchant de trouver des espaces politiques pour se faire entendre.	Rend compte de la construction de l'observatoire de sciences citoyennes et des dynamiques socio-politiques qui la sous-tendent. Présente les résultats de l'observatoire qui mettent en évidence des effets délétères massifs de l'utilisation des pesticides dans la culture du soja mais aussi de leur utilisation contrainte dans l'agriculture familiale. Porte autant sur les riverains que sur les utilisateurs car il est impossible de distinguer les deux populations dans un contexte d'utilisation aussi massive. Mise en évidence de différents types de problèmes liés à l'extension massive de la culture du soja intensive en pesticides. Des effets sur la santé sont aussi rapportés, mais restent assez invisibles chez les agriculteurs et les chercheurs au regard de l'importance des autres problématiques engendrés par le soja et l'usage massif de pesticides qui menacent l'existence même des communautés. Une de ces problématiques est l'augmentation rapide de l'utilisation des pesticides dans l'agriculture familiale. Or cette augmentation se fait sans formation ni encadrement. Une partie des agriculteurs familiaux refusent cependant de les utiliser. Met en évidence la difficulté à faire émerger les préoccupations d'exposition aux pesticides des personnes travaillant en agriculture et des effets de santé dans un contexte saturé d'autres préoccupations et enjeux (en partie liés aux pesticides).
Dedieu et Jouzel (2015)	Enquête qualitative	France	Etude sur une enquête conduites par des médecins du travail et des préventeurs de la MSA sur les contaminations de travailleurs de la viticulture par un pesticide, l'arsénite de soude.	L'article souligne que cette enquête a fait émerger des questionnements sur la possible exposition digestive des travailleurs de la viticulture à ce pesticide comme à l'ensemble de ceux qu'ils utilisent, alors que la voie digestive est écartée des modèles réglementaires d'estimation de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides.
Dedieu et Jouzel (2015)	Enquête qualitative (entretiens)	France	L'article restitue l'histoire politique et savante de l'interdiction de l'arsénite de soude du fait de sa dangerosité pour la santé des travailleurs de la viticulture en 2001 en France.	L'article montre comment les données produites par des médecins et conseillers en prévention de la Mutualité sociale agricole sur les expositions professionnelles à ces substances ont été en grande partie ignorées lors de cette interdiction. En particulier les éléments sur l'importance des contaminations digestives n'ont pas été utilisés pour revoir les procédures d'évaluation des risques des pesticides qui ne tiennent pas compte de cette voie de contamination.

Dedieu et Jouzel (2020)	Enquête qualitative par entretiens	France	L'article retrace les négociations des deux premiers tableaux de maladies professionnelles français qui ont cherché à intégrer les données épidémiologiques sur des pathologies chroniques statistiquement liées à l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides : le tableau 58 « maladie de Parkinson provoquée par les pesticides » et le tableau 59 « hémopathies malignes provoquées par les pesticides ».	L'article souligne que ces négociations entre le ministère de l'Agriculture, la Mutualité sociale agricole, les représentants syndicaux des salariés et des exploitants agricoles, ont eu pour objet l'interprétation des nombreuses zones d'incertitude qui entourent les données épidémiologiques disponibles. Certaines de ces interprétations ont joué à l'avantage des agriculteurs victimes des pesticides : ainsi faute de disposer de données suffisamment fiables sur l'effet spécifique de substances, les tableaux portent sur l'ensemble des pesticides, sans distinction. Mais les zones d'incertitude des données épidémiologiques ont aussi donné des arguments aux acteurs souhaitant restreindre la portée des tableaux (Mutualité sociale agricole, ministère, Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles), en jouant sur le délai de prise en charge écoulé entre la fin de l'exposition et l'apparition de la maladie et sur la durée minimale d'exposition, ou sur la liste des pathologies ouvrant droit à indemnisation.
Desbois (2017)	Etude documentaire	France	Montrer les limites des connaissances à la fois sur la toxicité des pesticides et des populations exposées.	Identifie certaines limites mais est très lacunaire.
Elahi et al. (2019)	Econométrie Données collectées par entretiens auprès de 360 agriculteurs et traitements par différentes techniques.	Pakistan Culture du riz (étude réalisée dans une importante région productrice)	L'étude a trois objectifs : Déterminer l'efficacité en terme de production de riz des usages faits de pesticides et d'engrais ; leurs impacts sanitaires en fonction des profils socio-économiques de agriculteurs ; Les possibilités d'optimisation de l'utilisation de ces intrants ; L'efficacité en terme de production de riz des usages faits de pesticides et d'engrais et d'autre part leurs impacts sanitaires en fonction des profils socio-économiques de agriculteurs.	Peu d'agriculteurs suivent les recommandations faites en matière d'usage des produits (surdosage). Les causes attribuées aux expositions : bas niveau d'éducation qui fait que les agriculteurs ne lisent pas l'anglais (utilisée sur les étiquettes) et qui ne suivent donc pas les recommandations visant à limiter les expositions et empoisonnements accidentels ; absence de port d'EPI ; absence de formation sur les mesures à prendre pour se protéger des pesticides ; manque de moyens financiers ; absence de régulations adéquates.
Endalew, M., Gebrehiwot, M., Dessie A. (2020)	<i>Cross-sectional study</i> par questionnaire et entretiens en face à face	Ethiopie Floriculture	Le questionnaire contenait 5 parties. La première section contient des caractéristiques sociodémographiques, notamment le sexe, l'âge, le lieu de résidence, le niveau d'éducation, la situation matrimoniale, le revenu mensuel et l'année de service. La deuxième section comprend des questions relatives au niveau de connaissance de l'utilisation des pesticides. La troisième section comprend des questions relatives à l'attitude des travailleurs à l'égard de l'utilisation des pesticides. La quatrième section contenait les facteurs environnementaux et institutionnels	Cette étude par questionnaire de type <i>cross-sectional study</i> a été menée en Ethiopie auprès de 72 hommes et 228 femmes travaillant dans le secteur de la floriculture. L'étude cherchait à caractériser les usages des pesticides, de même que les connaissances, attitudes associées à ces usages. Cette étude a été réalisée par entretiens en face à face avec les travailleurs sur la base d'un questionnaire. L'étude montre que les travailleurs dans leur grande majorité ne connaissaient pas le nom des pesticides qu'ils utilisaient. Plus de 85% d'entre eux avaient ressenti des problèmes de santé associés à l'usage des pesticides. Dans leur grande majorité, ils avaient identifié les principales voies de pénétration des pesticides dans l'organisme. 36% des travailleurs n'avaient pas eu de problèmes et ces mêmes personnes étaient moins en demande de porter des EPI, contrairement à ceux qui avaient eu des problèmes de santé. Les travailleurs de la floriculture avaient des pratiques en sécurité qualifiées de faibles. Près de 9% des travailleurs ont exprimé qu'ils n'étaient pas en capacité d'acheter et de porter des EPI du fait de leurs faibles revenus.



			des pratiques sûres en matière de pesticides, qui comprennent la distance de résidence des travailleurs, les symboles de sécurité dans la section de travail, la fourniture d'EPI, la formation et la visite médicale préalable à l'emploi.) La cinquième section fournissait des informations détaillées sur les pratiques d'utilisation des pesticides.	
Formoso (2021)	Enquête qualitative ethnographique	Thaïlande - région agricole du Nord-Est du Pays. Deux villages bien connus de l'auteur qui y effectue des recherches depuis de nombreuses années Agriculteurs	Etudier les rapports des paysans de la région étudiée aux pesticides, aux pollutions qu'ils engendrent et à leurs effets sanitaires éventuels.	<p>L'emploi des pesticides s'est développé dans Pesticides utilisés dans cette région d'abord sur la culture de la canne à sucre dans les années 1990, puis étendus autres cultures à partir de 2003-2004</p> <p>Multiplicité des produits commerciaux.</p> <p>Une grande partie des agriculteurs utilisent des herbicides à base de substances interdites (paraquat) ou à usage contraint (glyphosate) et des insecticides dont des pesticides très toxiques comme le chlorpyrifos.</p> <p>Les enquêtes menées par le ministère de la santé (tests biologiques), via l'adhésion volontaire à un programme de prélèvements, suggèrent l'existence d'importantes expositions aux pesticides, avec des niveaux jugés inacceptables par ledit ministère.</p> <p>Les habitants des deux villages adhérant à ce programme reçoivent des conseils : ports d'EPI pendant la préparation et l'épandage, mesures d'hygiène, lavage des fruits et légumes et réduction de la consommation de crudité. Les agriculteurs reçoivent aussi des informations sur l'utilisation des pesticides via les revendeurs (qui ont une obligation de le faire et des formations). Il existe aussi des systèmes de réunions publiques organisés par les services de l'Etat mais qui sont accueillies avec circonspection</p> <p>Les agriculteurs sont conscients qu'ils prennent des risques, pour autant les pratiques changent peu. Pas de corrélation entre le degré de connaissances des dangers et les intoxications constatées.</p> <p>Lorsque les agriculteurs épandent, ils font attention au vent, portent des passe-montagnes, des chapeaux, des masques de tissus, des lunettes. Ils disent porter des bottes, mais dans la pratique ne le font pas car il est impossible de travailler dans des sols détrempés (et travaillent donc pieds nus ou en tongues).</p> <p>L'existence de combinaisons intégrales et de masques respiratoires considérés comme plus protecteurs est connue mais il n'en est pas fait usage car il est difficile de s'en procurer, leur coût est prohibitif et il est impossible de travailler avec (chaleur). Certaines personnes, intoxiquées de manière répétée, délèguent l'épandage à des journaliers.</p> <p>Des effets environnementaux sont constatés par les villageois. Les villageois développent de nouvelles stratégies culturelles et de consommation (notamment cultiver des produits sans pesticides pour leur propre consommation). A cause des pollutions, les activités de pêche, de chasse et de cueillette sont marginalisées</p>
Gamblin (2016)	Enquête ethnographique (auprès des travailleurs et travailleuses exposés mais aussi de leurs employeurs) réalisée en complément d'une enquête épidémiologique.	Mexique Travailleurs migrants saisonniers (hommes, femmes, adolescents et adolescentes et enfants) indigènes (les Huichol) venant des montagnes pour travailler dans les exploitations côtières de tabac.	Recherche visant à comprendre les déterminants de la surexposition aux pesticides de la population étudiée et à étudier les effets possibles sur la santé reproductive des femmes.	<p>Objectivation des conditions de vie particulièrement dégradées des travailleurs et travailleuses migrantes saisonnières étudiées - bien plus importantes que celles en vigueur dans d'autres cultures. L'autrice assimile ces conditions de vie et de travail à celles d'animaux et non d'humains.</p> <p>Conditions de travail et de vie qui exacerbent les expositions (familles Huichol mangent et dorment sur les plantations même à l'extérieur sans accès à des installations d'hygiène).</p> <p>Deux dynamiques rendent possible la surexploitation des Huichol et ces conditions indignes sur-exposantes : des dynamiques structurelles (racisme des employeurs ; et fonctionnement néolibéral de la production globalisé du tabac) ; dynamiques culturelles (agentivité propres des familles Huichol qui malgré leur surexploitation gagnent plus d'argent que dans leurs montagnes + habitudes de vie en extérieur - même si dans des conditions différentes - conçues comme une résistance à la colonisation).</p>

Garrigou et al. (2021)	Revue de questions	OCDE et Brésil		Cet article produit par 14 chercheurs appartenant à des centres de recherche publics français, suisse, italien, québécois et brésiliens propose une revue de littérature internationale critique sur les EPI dans la prévention des expositions aux pesticides. Cette revue s'est centrée sur des publications issues des pays de l'OCDE et du Brésil. Elle a montré le rôle essentiel joué par les EPI dans les autorisations de mises sur le marché alors même que la directive européenne en santé sécurité les place au dernier rang des mesures à mettre en place. Cette revue critique présente à la fois des publications qui ont tendance à montrer que les EPI sont efficaces pour protéger des pesticides et des études qui montrent le contraire. Il présente aussi les choix méthodologiques qui sont fait selon les études de terrain qui peuvent être de type contrôlées ou non contrôlées. Il aborde aussi les raisons qui expliquent le faible port des EPI dans la réalité pour des raisons de coûts mais aussi d'inconfort majeur du point de vue thermique et de thermorégulation. Il conclue sur le fait que les EPI ne doivent pas être considérés comme réellement protecteur.
Ginelli et al. (2021)	Recherche action exploratoire auprès de différents acteurs de la filière viticole de Gironde	France - Gironde Viticulteurs et salariés agricoles Viticulture	Identifier les processus sociaux, parfois différents suivant les acteurs, qui renforcent ou fragilisent les capacités des agriculteurs et des salariés agricoles à dire leurs préoccupations relatives aux pesticides.	Présentation de la problématisation en termes de "capabilités" (la liberté plus ou moins étendue qu'ont les individus de choisir (« capacité de choix ») des actions et modes de vie conformes à leurs valeurs (« capacité comme potentiel d'épanouissement ») et d'avoir la possibilité de réaliser ces préférences (« capacité de réalisation ») pour étudier les risques pesticides en milieu professionnel agricole d'une manière qui soit attentive aux inégalités de pouvoir entre les acteurs. Réflexivité sur la méthodologie adoptée : les difficultés rencontrées dans la mise en place de groupes de travailleurs agricoles au coeur de la recherche action ont aidé mettre en évidence les facteurs générateurs d'inégalités entre les acteurs. Les cadrages développés par les politiques de santé au travail en milieu professionnel agricole ne permettent pas l'expression des problèmes liés aux pesticides auxquels font face les agriculteurs et ouvriers agricoles enquêtés : les modalités de gestion des risques (les « bonnes pratiques » des utilisateurs (manipulation des produits, port des EPI, réduction du nombre de traitement...) individualiste la responsabilité des expositions et des dommages et occultent leurs dimensions systémiques. Les travailleurs agricoles (salariés et agriculteurs) intériorisent la responsabilité individuelle de gestion du risque, se sentent coupables des intoxications, considèrent que les intoxications sont inhérentes à leur travail. Les dispositifs de zonage (ZNT) contribuent au « silencement » des personnes travaillant en viticulture. Les dispositifs de santé au travail en agriculture ne permettent pas une publicisation des problématiques pesticides et une appropriation par les personnes qui y travaillent. Le risque pesticides reste confiné dans certains espaces dédiés. Les mobilisations qui se sont développées sont cependant caractérisées par "une mise sous-silence des travailleurs agricoles" qui résulte de l'absence de supports professionnels. Ce phénomène est particulièrement marqué pour les salariés et renforcé par les hiérarchies qui se développent au sein du salariat résultant de la précarisation et de la multiplication des statuts et employeurs possibles. Montre les dimensions structurelles qui rendent extrêmement difficiles l'appropriation des problématiques pesticides dans les milieux professionnels agricoles.
Guthman (2016)	Etude qualitative. Entretiens, observation, études documentaire.	Etats-Unis - Californie Ouvriers et ouvrières agricoles Fraises Pesticides « fumigants » utilisés pour la désinfection des sols en particulier l'iodure de méthyle et chloropicrine	Analyse les controverses californiennes sur deux « fumigants » des sols utilisés dans la culture de la fraise, l'iodure de méthyle et la chloropicrine. La perspective adoptée est d'approfondir l'opposition faite dans ces controverses entre protection de la santé des ouvriers et ouvrières agricoles ( <i>lives</i> ) et protection de l'emploi/de la	Rappel de l'importance économique du secteur de la fraises en Californie. Montre que les controverses sur les méthodologies utilisées par l'évaluation et la gestion des risques n'ont pas été les seules à structurer les conflits autour de ces deux pesticides. Les activistes pointaient les morts et les maladies engendrées et les industriels de la fraise : la perte d'emploi qui résulterait de leur interdiction. L'autrice défend l'idée que la non prise en compte par les activistes de l'argument "emploi" a constitué une opportunité manquée de mieux défendre les ouvriers et ouvrières agricoles souvent " <i>undocumented</i> " et, corrélativement, de trouver des voies pour combattre les surexpositions massives dont ils et elles sont victimes. Des extraits d'entretien qui montrent la multiplicité des sources d'exposition (par exemple, le repiquage des fraisiers après le traitement des sols) ; l'accès aléatoire aux EPI pourtant obligatoires ; le respect

			possibilité de gagner sa vie ( <i>livelihoods</i> ).	aléatoire par les employeurs des obligations réglementaires. Analyse de la construction du caractère jetable et remplaçable (“ <i>disposable</i> ”) des travailleurs et travailleuses agricoles de la fraise californienne.
Guthman et Barbour (2018)	Etude qualitative reposant sur 55 entretiens et une analyse documentaire	Etats-Unis - Californie Fraises Salariées agricoles	Analyser une nouvelle législation californienne visant à renforcer la protection des salariées agricoles vis-à-vis des expositions aux pesticides pendant la grossesse. Cette nouvelle législation vise à renforcer l’information des salariées.	Montre les déficiences et l’inefficacité de cette législation. S’appuie sur des littératures qui ont montré comment des facteurs externes aux individus de nature politique et structurelle rendent certaines populations plus vulnérables aux maladies (avec une attention particulière à la littérature relevant de la justice environnementale dédiée aux pesticides). Revient sur l’histoire des réglementations californiennes et US visant à protéger les salariés agricoles des pesticides en montrant le faible niveau de protection qu’elles assurent sans grand changement au cours du temps. Les améliorations dans les textes ne se traduisent pas dans les faits sur le terrain, notamment parce que le statut des salariés agricoles californiens, leurs conditions de travail et le fonctionnement du système agro-industriel ne permettent pas de mettre en œuvre des mesures de protection. Souligne que les travaux existants qui mettent en évidence la sur-exposition des salariés agricoles et la distribution inégale des expositions suivant la hiérarchie, l’ethnicité, la citoyenneté (américaine ou non). Cependant les effets de genre sur cette distribution inégale ont peu été abordés jusqu’à présent. Confronte cette législation aux nouvelles connaissances scientifiques, notamment en épigénétiques. Pointe par là aussi la nécessité d’intégrer les corps et la biologie aux analyses relevant de la <i>political ecology</i> qui ont tendance à les ignorer. Ces connaissances indiquent que les expositions aux pesticides peuvent avoir des effets sur la descendance si elles ont lieu en dehors de la grossesse. Se focaliser sur la période de grossesse a donc de facto une efficacité limitée. Par ailleurs les modèles d’évaluation des risques reposent sur le principe que la “dose fait le poison”, or il existe des substances qui ont des effets faibles doses et/ou pour lesquelles le moment de l’exposition est critique. Un autre point développé est que les conditions de vie et de travail des femmes salariées agricoles sont très dégradées, ce qui affectent leur santé -notamment reproductive - et accroît les risques liés aux expositions aux pesticides. Les femmes salariées agricoles connaissent leurs vulnérabilités multiples, plus importantes que celles que subissent les hommes, et perçoivent mieux que les hommes les risques qu’elles encourent, dont les risques liés aux pesticides en particulier pendant la grossesse. Elles considèrent que les EPI et les mesures de protection ne sont pas suffisantes pour protéger leur fœtus. Rappelle la littérature qui critique les approches individualisantes de la prévention des risques liés aux pesticides qui sous-tendent les approches informationnelles de la prévention. Or, nombre de travaux portant sur les populations marginalisées au travail en agriculture montrent que ce n’est pas le défaut de connaissances mais le défaut de possibilités (socio-économiques et politiques) de mettre en œuvre les mesures protectives. Les enquêtées sont dans cette configuration : elles connaissent les risques mais doivent travailler et n’ont pas les moyens de faire respecter leurs droits - et expriment du désespoir face à cette situation. Elles continuent donc à travailler comme si elles n’étaient pas enceintes. L’enquête montre aussi que les femmes sont moins bien traitées par les employeurs que les hommes - auxquels par exemple des EPI peuvent être fournis contrairement aux femmes.
Guthman et Brown (2016)	Etude qualitative Observation et analyse des “ <i>hearings</i> ” organisés par le <i>Department of Pesticides Regulation</i> (DPR) en 2013 au sujet de nouvelles réglementations sur les zones tampons	Etats-Unis - Californie Ouvriers et ouvrières agricoles Fraises Chloropicrine	Analyser le dispositif des zones tampons en Californie qui est l’instrument central développé pour atténuer l’exposition aux pesticides « <i>fumigants</i> » utilisés dans la culture de la fraise qui sont particulièrement toxiques.  Il s’agit d’examiner précisément la “biopolitique” de ce dispositif, e.g. l’atténuation plus ou moins	Rappel de l’histoire de la filière fraise en Californie pour montrer que sa rentabilité exceptionnelle et son succès associé a reposé sur un usage intense d’un ensemble de pesticides - notamment les pesticides « <i>fumigants</i> » très toxiques - et une force de travail particulièrement vulnérable politiquement. Avec l’interdiction de différents <i>fumigants</i> (bromure de méthyle ; iodure de méthyle), la chloropicrine est désormais utilisée. Discute un paradoxe : le fait que la Californie dispose des systèmes qualifiés de plus élaborés au monde de surveillance des pesticides sans que cela conduise à une diminution des maladies imputées aux pesticides. Analyse la littérature STS critique vis-à-vis de la régulation par les seuils et l’évaluation des risques des toxiques afin de montrer qu’elle a été peu attentive aux sélections entre les catégories de personnes. Les sélections opérées par l’évaluation des risques qui préside à l’élaboration des zones tampons a été au cœur des débats analysés.

			importante qu'il apporte suivant les populations (ouvriers et ouvrières agricoles vs riverains).	Montre comment le statut des travailleurs et travailleuses agricoles (migrants légaux et <i>undocumented</i> ), vus à la fois comme indispensables mais facilement remplaçables, les exclut des personnes à prendre en considération pour l'établissement de la réglementation. Montre que les débats et les contestations ont porté non seulement sur les techniques, modèles etc. qui ont fixé les valeurs limites d'exposition, les tailles des zones tampon mais aussi sur la nature même de ces instruments est le niveau de protection incomplet mais surtout très différencié suivant les populations qu'ils apportent.
Huc et Jouzel (2021)	Enquête qualitative (analyse documentaire, entretiens). Article de synthèse, méthodologie non développée.	France, Europe  Analyse du décalage entre règles d'évaluation du risque des pesticides et savoirs académiques	L'étude vise à discuter des limites de l'évaluation réglementaire des risques des pesticides à partir de deux exemples décrits en détail : la non prise en compte des savoirs académiques sur des mécanismes de cancérogénèse non génétiques (SDHI) ; la non prise en compte de savoirs académiques portant sur l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides en situation de travail réelle	L'étude rappelle qu'il y a une différence entre savoirs réglementaires et savoirs académiques, la première étant encadrée par tout un ensemble de règles strictes négociées à une fréquence assez faible et visant essentiellement à aider des décisions politiques. Il montre que l'évaluation réglementaire actuelle de la cancérogénicité des pesticides se focalise essentiellement sur les mécanismes génotoxiques alors qu'il existe des mécanismes métaboliques. Il décrit en détail comment des études scientifiques suggèrent par exemple qu'il existe des mécanismes de genèse du cancer liés à l'inhibition de la SDH non pris en compte dans les procédures d'évaluation réglementaire. Il montre, sur l'exposition des travailleurs agricoles, que l'organisation de l'évaluation des risques fait jouer un rôle protecteur aux équipements de protection en faisant l'hypothèse que les « bonnes pratiques agricoles » sont respectées dans la réalisation des études expérimentales prises en compte, et écarte des données académiques qui mesurent des situations de travail réelles.
Isgren et Andersson (2021)	Revue de littérature	Afrique sub-saharienne	Revue de littérature non systématique (revue narrative) sur la question de l'usage des pesticides en Ouganda en particulier et en Afrique Sub-saharienne en général et de ses effets sur la santé des travailleurs et sur l'environnement, présentée via le cadre analytique de la justice environnementale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation des pesticides est en augmentation en Afrique sub-saharienne, même si les statistiques officielles n'en rendent pas compte et ne sont pas fiables.</li> <li>- Les canaux d'achat et de distribution des pesticides souvent informels ; nombreux produits circulent avec des informations (étiquettes, etc.) absentes ou inadéquates,</li> <li>- Les tâches exposantes sont non seulement les tâches de traitement, mais aussi : d'achat (du fait des conditions particulières de vente « au détail »), de lavage, de travail des cultures, d'entreposage, de préparation, de gestion des déchets d'emballages.</li> <li>- Les « petits agriculteurs » (<i>smallholder users</i>), sont souvent dénués des ressources matérielles et de formation pour se protéger.</li> <li>- A l'intérieur des <i>smallholder users</i>, les risques ne sont pas distribués également : les plus pauvres sont soumis à des facteurs d'exposition particulier ; les études sur les différences d'exposition des hommes et des femmes sont lacunaires.</li> <li>- Les pouvoirs publics, sous la contrainte notamment des programmes d'ajustement structurels de la banque mondiale, n'ont pas la capacité de produire des statistiques, ni de s'assurer de l'existence et de la mise en œuvre de politique d'encadrement de l'usage des pesticides.</li> </ul>
Jouzel (2019)	Enquête qualitative (entretiens et archives)	France, États-Unis	Le livre porte sur la manière dont les données scientifiques sur les expositions professionnelles aux pesticides et leurs effets sur la santé sont – ou non – prises en compte par les politiques publiques destinées à contrôler ces produits.	Le livre montre que l'enjeu de la mesure de l'exposition revêt un caractère stratégique dans les luttes qui opposent les épidémiologistes qui montrent que l'exposition professionnelle aux pesticides est un facteur de risque pour certaines maladies chroniques, d'une part, et les agences qui évaluent les risques de ces produits principalement sur la base de données issues de la toxicologie de laboratoire. Il entreprend de faire l'histoire politique et épistémologique de ce type de mesure, dont il montre qu'elles apparaissent aux États-Unis dans les années 1950, à un moment où s'intensifie le recours aux pesticides organochlorés et organophosphorés. Ce sont alors des savants qui promeuvent le recours aux pesticides qui cherchent à mesurer le niveau et les déterminants de l'exposition de la main d'œuvre agricole, de façon à définir les règles de la bonne hygiène agricole censée permettre d'éviter les intoxications, notamment le port de vêtements de protection. Ces mesures connaissent une dynamique de transnationalisation au cours des années 1980 et deviennent alors de plus en plus centrales dans les procédures d'évaluation des risques des pesticides au sein des pays de l'Union Européenne. S'opposent de plus en plus clairement deux façons de mesurer l'exposition professionnelle aux pesticides : dans le cadre réglementaire de l'évaluation des risques, la mesure est étroitement normée par un ensemble de lignes directrices, tandis que des équipes d'épidémiologistes entreprennent des mesures au plus près de la réalité des pratiques agricoles. L'ouvrage montre la dépendance de l'évaluation des risques des pesticides à des routines institutionnelles qui

				conduisent à laisser de côté une bonne part des données disponibles sur l'exposition professionnelles aux pesticides et ses effets sur la santé.
Jouzel (2020)	Enquête qualitative (analyse documentaire, entretiens).	France, Europe  Analyse du fonctionnement de l'évaluation du risque des pesticides	L'étude vise à discuter des limites de la prise en compte de l'exposition professionnelle aux pesticides dans l'évaluation réglementaire des risques en analysant la place qu'y occupent des savoirs toxicologiques (microscopiques) et des savoirs épidémiologiques (macroscopiques)	L'article rend compte de la construction historique des conflits de perspectives disciplinaires sur la question des liens entre pesticides et santé des travailleurs agricoles. Il montre que les modalités d'évaluation réglementaire des risques des pesticides se sont appuyés sur des normes expérimentales toxicologiques développées d'abord aux Etats-Unis dans la deuxième moitié du 20 <sup>ème</sup> siècle et qui se sont ensuite diffusées. Il souligne que ces normes reposent sur la fiction d'un « travailleur discipliné » qui porte ses EPI. En objectivant, pour chaque pesticide, une dose acceptable d'exposition professionnelle et les moyens de ne pas la dépasser cette source de connaissances a légitimé la notion d'usage contrôlé de ces produits. L'article décrit cependant comment des données épidémiologiques questionnent la fiabilité de l'évaluation des risques. Il souligne qu'elles sont aujourd'hui peu intégrées dans le processus d'évaluation de l'exposition des travailleurs aux pesticides, notamment car elles ne respectent souvent pas les guidelines imposées par les autorités sanitaires.
Jouzel et Prete (2015)	Enquête qualitative (entretiens et observations)	France	L'article fait un point proche de celui de Jouzel et Prete (2016), mais sur les interactions entre les agriculteurs atteints de maladies imputables aux pesticides et les militants environnementalistes dénonçant les dangers de ces produits.	L'article montre le rôle décisif de militants environnementalistes dans l'engagement politique des Phyto-victimes.
Jouzel et Prete (2016)	Enquête qualitative (entretiens)	France	L'article souligne, sur la base d'une enquête qualitative auprès des premiers agriculteurs ayant entrepris des démarches de reconnaissance de maladies professionnelles pour des pathologies imputables à leur exposition aux pesticides, la place des conjoints dans ce processus médico-administratif.	L'article montre qu'un de ces rôles est de pousser les agriculteurs à recourir au droit alors que leur première tendance est de mettre leurs souffrances sur le compte de leur propre négligence en matière de protection lors de l'utilisation des pesticides.
Jouzel et Prete (2016)	Enquête qualitative (entretiens) et analyse d'un corpus de presse écrite	France	Etude du rôle des journalistes dans l'engagement d'agriculteurs malades dans une cause de victimes des pesticides	L'article montre que la rencontre de journalistes d'investigation engagés dans des reportages dénonçant les dangers des pesticides a souvent joué un rôle déclencheur dans les parcours médico-administratifs et politique des agriculteurs atteints de maladies imputables à ces produits. Un des effets de ces interaction est d'aider les agriculteurs à concevoir que leur intoxication résulte moins de leur négligence lors de l'utilisation de ces produits que du caractère incomplet, voire mensonger, de l'information sur les dangers de ces substances leur ayant été transmise par le biais de l'étiquette.
Jouzel et Prete (2017)	Enquête qualitative (entretiens, archives)	France	L'article porte sur le traitement administratif d'une alerte lancée en 2008 par une équipe d'épidémiologistes et d'ergonomes s'étant aperçus, à la faveur de mesures d'exposition professionnelle aux pesticides conduites dans la viticulture bordelaise, que, loin d'être systématiquement protecteur, le port de vêtements de protection pouvait	L'article montre comment le traitement administratif de cette alerte a conduit à la réduire à ses dimensions les plus techniques, celle de la « perméation » des combinaisons, laissant dans l'autre la question de l'adaptation de ce type de mesure aux réalités du travail agricole.

			être associé à des niveaux de contamination plus élevés que la moyenne. Ce constat est d'autant plus alarmant que l'évaluation réglementaires des risques des pesticides applique d'importants coefficients d'abattement du niveau d'exposition professionnelle en cas de port de vêtements protecteurs, et que la présence sur le marché de nombreux pesticides est conditionnée à ce type de mesure.	
Kannuri et al. (2018)	Enquête ethnographique et deux focus groups	Inde	L'article rappelle l'augmentation de l'utilisation des pesticides et du coton Bt dans la région. Il souligne les effets de ces évolutions agricoles sur les relations sociales villageoises.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les utilisateurs se protègent peu ou pas, mais sont conscients des risques associés à l'utilisation des pesticides, qu'ils voient souvent comme un mal nécessaire</li> <li>- Ils mélangent et stockent les pesticides chez eux.</li> <li>- Quand ils ont des problèmes de santé associés aux pesticides, ils consultent peu les médecins, qui sont souvent peu compétents ou loin et chers</li> <li>- L'évolution des types de pesticides proposés sur le marché a changé la distribution des expositions hommes/femmes : les nouveaux pesticides demandent moins d'eau et sont utilisés en moindre quantité : auparavant les femmes allaient chercher l'eau et faisaient la mixture, cela semble être moins le cas au moment de l'enquête.</li> </ul>
Kresse (2016)	Etude documentaire.  Analyse de 125 arrêts, jugements et ordonnances, dont 61 en matière de pesticides (20 décisions émanant de la juridiction civile, 29 de la juridiction administrative et 14 de la juridiction de la sécurité social).	Allemagne	Etudier comment les juges allemands déterminent la dangerosité d'un pesticide et des ondes magnétiques : à quelles sources d'information ils ont recours et comment ils évaluent la validité de telles informations.	<p>Distingue les juridictions qui statue sur la capacité à prévenir les risques (juridiction administrative) des juridictions qui visent à établir un dommage.</p> <p>Tous les cas présentés dans l'article ne sont pas pertinents pour cette expertise mais les éléments suivants sont à relever.</p> <p>Les autorisations de mise sur le marché relèvent des juridictions administratives lesquelles doivent agir en conformité avec le Règlement n° 1107/2009 et, en dernier ressort, ce sont les juges européens qui interprètent. Il n'y a pas encore de décisions relatives à ce règlement mais il impose le recours à des experts et le respect des méthodes scientifiques d'évaluation acceptées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments avec pour conséquence que le seul élément qui peut être vérifié par les juges est la conformité des méthodes appliquées par les autorités compétentes avec les exigences du Règlement.</p> <p>L'appréciation de l'exposition aux pesticides par les juges (administratifs et de sécurité sociales) pour établir le caractère professionnelle d'une pathologie est elle aussi discutée. La question se pose si la maladie n'est pas inscrite dans le Décret fédéral sur les maladies professionnelles. Le juge aura alors recours à une expertise judiciaire devant établir qu'en l'état des connaissances scientifiques, l'activité professionnelle spécifique elle-même, suite à l'exposition régulière à certains pesticides, comporte généralement une haute probabilité de provoquer la pathologie.</p>
Lu, et al. (2015)	Etude par questionnaire Un questionnaire structuré a été élaboré en consultation avec des experts en santé au travail. Le questionnaire était divisé en cinq parties : caractéristiques démographiques	Chine	Le port d'équipements de protection individuelle (EPI) tels que des masques et des gants pendant le travail est la mesure la plus directe et la plus efficace pour prévenir et réduire les maladies professionnelles chez les travailleurs exposés aux solvants organiques. Cependant, l'utilisation des EPI par les travailleurs migrants est rarement étudiée en Chine. Cet	Cette étude a été menée en Chine auprès de travailleurs chinois migrant de petites entreprises, exposés à des solvants organiques. Elle s'est plus particulièrement focalisée sur l'usage des EPI et les facteurs individuels et organisationnels qui explique l'usage ou non des EPI. Elle s'est basée sur un questionnaire qui a été utilisé auprès de 503 hommes et 403 femmes. L'analyse statistique avec deux niveaux de régression logistique a mis en évidence que pour ce qui concerne le port du masque, les modèles sociaux et interpersonnels étaient des bons prédicteurs du port du masque de même que du port des gants. Les auteurs recommandent d'agir sur ces niveaux pour augmenter le port de ces EPI. Ils rajoutent que le port des EPI ralentit l'efficacité du travail, ce qui limite leur usage. Ce papier considère que le port des EPI est une solution à mettre en œuvre sans discuter. Ne concerne pas l'agriculture.

	individuelles, facteurs individuels supplémentaires, facteurs interpersonnels, facteurs organisationnels ou situationnels et utilisation des EPI.		article examine les facteurs individuels et organisationnels associés au respect de l'utilisation des EPI par les travailleurs migrants chinois, et détermine également l'importance relative de ces facteurs. La province de Guangdong compte le plus grand nombre de migrants ruraux vers les villes en Chine, représentant 24% de l'afflux de population interprovinciale.	
Lucas (2016)	Analyse juridiques des contentieux sur les pesticides.		Explorer quels sont le rôle et la place des connaissances scientifiques dans un contentieux en émergence fortement marqué par des incertitudes scientifiques, celui des pesticides.  L'étude de cas plus développée porte sur les abeilles.	Des contentieux sur les pesticides se retrouvent dans tous les types de juridictions : juge administratif se prononce sur la légalité des autorisations de mise sur le marché ; les chambres sociales des juridictions judiciaires se prononcent sur les liens entre exposition aux pesticides et une maladie développée par un salarié etc.  Contentieux très technique : la place réservée aux connaissances scientifiques est une question centrale. Mais, le juge n'est pas obligé, d'un point de vue juridique, de suivre l'avis de l'expert judiciaire ou d'autres sources scientifiques. Le juge se fonde rarement sur les seules expertises judiciaires et scientifiques.  Grande diversité de sources scientifiques utilisées par les juges : provenant de comités et d'agences d'expertise, d'organisations internationales, d'organismes de recherche, d'administrations techniques... Mais grande imprécision dans les décisions sur les sources mobilisées. Cependant, il est à noter que si les juges recourent aux expertises judiciaires, ils prennent rarement en compte les autres sources qui peuvent être apportées aux dossiers et s'ils le font, c'est le plus souvent des sources provenant des institutions administratives et des institutions déconcentrées de l'Etat.
Mahawati (2022)	<i>Cross-sectional study</i> , questionnaire et analyse spirométrique	Indonésie	Cette étude transversale a été menée à Grobogan, dans le centre de Java, en Indonésie, en 2015. Les données ont été recueillies par entretien avec un questionnaire, observation et mesure de la fonction pulmonaire par spirométrie. L'échantillon total était composé de 200 agriculteurs de sexe masculin de Grobogan.	Cette étude de type <i>cross-sectional study</i> a porté sur 200 agriculteurs indonésiens exposés aux pesticides, afin de caractériser les effets sur les poumons des pratiques en hygiène et sécurité. L'étude a été menée à l'aide d'un questionnaire, d'observations et de mesure de la capacité ventilatoire par spirométrie. L'étude a montré que 12% des répondants ont des restrictions de la fonction pulmonaire, 32% des obstructions de la fonction pulmonaire. Seulement 56% avaient une fonction pulmonaire considérée comme normale.
Martin (2016).	Etude documentaire qualitative		Analyser de manière critique les règles de production des connaissances sur la nocivité des produits phytopharmaceutiques en droit européen en mobilisant des approches par la production d'ignorance.	Mise en évidence de la circulation des normes techniques d'évaluation des risques pour les pesticides (produits phytopharmaceutiques) phénomène de circulation des normes entre l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) et l'UE. Rôle du dispositif d'acceptation mutuelle des données pour l'évaluation des produits chimiques mis en place par l'OCDE en 1981 qui est un instrument juridique de droit dur. Ce dispositif oblige les états membres de l'OCDE à réaliser les essais pour l'évaluation des risques suivant des "lignes directrices pour les essais". Met en évidence le fondement économique des règles de l'OCDE. Montre un flottement des méthodes de production des connaissances pour l'évaluation des risques selon les règles entre droit dur et droit mou. Discute le caractère apolitique de ces normes techniques.

				<p>Discute la nature juridique des lignes directrices intégrées au droit européen en montrant qu'elles sont de l'ordre du droit mou.</p> <p>Discute les critères de nocivité des pesticides selon le droit européen.</p>
May et Arcury (2020)	Revue de littérature narrative	Etats-Unis, Etats de l'est  Travailleurs latino-américains  Toutes cultures.	L'étude vise à faire une revue de littérature narrative synthétiques sur les différents facteurs de risques d'accidents et de maladies des travailleurs latino-américains (souvent migrants et saisonniers), des effets de santé de ces risques et de l'état des mesures de prévention en place. Le risque pesticide est un risque identifié parmi d'autres.	<p>L'étude décrit l'exposition généralisée des travailleurs latino-américains à de nombreux pesticides, et évoque l'existence d'études qui documentent cette exposition et la contamination impliquée par la mesure du niveau de cholinestérase de travailleurs.</p> <p>L'étude décrit l'existence d'expositions professionnelles cumulées avec des expositions dans les habitations.</p> <p>Elle souligne la difficulté d'obtenir des données fiables sur les intoxications et les accidents et plus généralement à produire des données d'exposition ou de santé sur une population souvent sans papier et mobile.</p> <p>Elle souligne le manque de données permettant d'évaluer de manière robuste la mise en œuvre des mesures de prévention et leur contrôle, et donc la difficulté d'évaluer ces mesures.</p>
Meirelles, Motta Veiga, et Duarte (2016)	Discussion sur les difficultés liées au port des EPI par les agriculteurs brésiliens	Brésil		<p>Cet article rédigé par des chercheurs brésiliens développe une discussion générale sur les limites de l'usage des EPI comme protection dans les situations dangereuses et en particulier en agriculture. Dans le cas de l'agriculture, la question de leur inefficacité dans les conditions de travail réelles y est discutée en lien avec la réglementation européenne. Cette discussion s'appuie sur une étude menée sur les problèmes de confort thermique posés par le port des EPI dans la culture de la tomate.</p>
Mormeta (2019)	Questionnaire	Ethiopie	Enquête sur le degré de connaissance et les pratiques d'information des agents de développement agricole d'une région horticole d'Ethiopie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'usage des pesticides dans l'agriculture éthiopienne s'est intensifié cette dernière décennie.</li> <li>- Le degré de formation des agents de développement agricoles est faible sur les risques liés à l'usage des pesticides.</li> <li>- Une minorité informe les agriculteurs sur les risques liés à l'usage des pesticides aussi bien pour le traitement que pour les autres situations d'exposition.</li> </ul>
Ndayambaje, B. (2019)	Cette étude a combiné des observations de pratiques d'usage de pesticides puis une étude par questionnaire.	Rwanda	Cette étude a cherché à caractériser les pratiques d'usages des pesticides et les effets potentiels sur la santé. Le questionnaire est divisé en trois sections : (1) informations sociales et démographiques sur les sujets, (2) connaissances des participants sur les pesticides et leur application, et (3) connaissances des participants sur les impacts potentiels de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine, animale et environnementale.	<p>Cette étude (<i>cross sectional study</i>) a été menée auprès de 206 cultivateurs de riz au Rwanda. Elle a cherché à caractériser les pratiques dans l'usage des pesticides sur la base d'interviews à l'aide d'un questionnaire et d'observations. L'étude a montré que plus de 95% des répondants avaient des pratiques présentant des écarts avec les standards d'un usage dit <i>safe</i> des pesticides. 90% de cette population ont fait l'objets de symptômes en termes d'effets sur la santé. Les agriculteurs rapportaient aussi des effets sur la santé de leurs animaux d'élevage. L'étude conclut à un risque élevé d'exposition aux pesticides de ces travailleurs.</p>
Nicourt (2016)	Enquête qualitative reposant sur des entretiens et de l'analyse documentaire.	France - Pyrénées orientales Viticulture Viticulteurs, viticultrices ; salariés agricoles ; techniciens et techniciennes	L'auteur est retourné sur un terrain qu'il avait enquêté au milieu des années 2000 pour étudier si les mobilisations pour la reconnaissance en maladie professionnelle d'agriculteurs victimes de l'usage des pesticides ont infléchi l' "impossible	<p>Montre l'existence d'une nouvelle crise viticole dans la région étudiée qui est au centre des préoccupations des acteurs.</p> <p>Cette crise et les transformations socio-économiques associées contraignent les pratiques de traitement. Les conditions dans lesquelles sont réalisées les traitements rendent impossibles la mise en œuvre des prescriptions réglementaires de prévention (port d'EPI, réentrée, ne pas traiter quand il y a du vent, etc.) Mais constat du développement de savoir-faire de prudence.</p> <p>Multiples formes de déni des maux associés aux pesticides mais une reconnaissance de leur existence dans la sphère privée avec des inquiétudes associées.</p>



			expression du problème” qu’il avait constaté précédemment.	
Nwadike (2021)	Questionnaire	Nigeria	Enquête par questionnaire transmis à environ 500 agriculteurs utilisant des pesticides dans le nord du Nigéria pour identifier leurs pratiques, attitudes et connaissances sur les pesticides et leurs risques.	L’étude met en évidence plutôt un haut niveau de connaissance sur les risques liés à l’usage des pesticides et des pratiques assez protectrices. Cependant il identifie des pratiques problématiques pour une part importante des personnes interrogées (déboucher les buses avec la bouche ; le fait de réutiliser les contenants de pesticides vides pour autres usages ; le fait de stocker les pesticides chez soi).
Pena et Dixon (2021)	analyse économétrique	États-Unis	L’enquête s’appuie sur le <i>National Agricultural Workers Survey</i> (NAWS), un large questionnaire officiel qui interroge les travailleurs depuis 2002 sur leurs expositions aux pesticides.	L’article met en évidence dans les données du NAWS : -- Augmentation depuis 2002 avec stabilisation depuis fin des années 2000 du % de travailleurs exposés (au sens de réponse oui à la question évoquée plus haut) : stable à 15% - Lien entre salaire et exposition aux pesticides : « prime » pour les exposés aux pesticides, mais surtout pour les <i>documented workers</i> (de l’ordre de 5%) - Lien entre risque de déclarer des problèmes de santé et exposition aux pesticides.
Quandt et al. (2020)	Revue de littérature narrative	États-Unis, États de l’est  Travailleuses latino-américaines (Femmes)  Toutes cultures.	L’étude vise à faire une revue de littérature narrative synthétiques sur les différents facteurs de risques d’accidents et de maladies des travailleuses latino-américaines (souvent migrantes et saisonnières), des effets de santé de ces risques et de l’état des mesures de prévention en place. Le risque pesticide est un risque identifié parmi d’autres.	L’étude rappelle que les femmes travailleuses agricoles sont exposées à des risques particuliers par rapport aux hommes (harcèlement sexuel, précarité, etc.) Elle décrit l’exposition généralisée des travailleuses latino-américaines à de nombreux pesticides et suggère que les femmes peuvent être plus à risque de connaître des expériences d’intoxication aiguë du fait de leur taille en moyenne plus petite que celle des hommes (ce qui crée un rapport surface de peau/poids défavorable). L’étude suggère que des travaux existent qui montrent que l’exposition aux pesticides des femmes se fait principalement par des expositions indirectes (drift, exposition aux résidus sur les plantes). Elle décrit l’existence d’expositions professionnelles cumulées avec des expositions dans les habitations. Elle souligne la difficulté d’obtenir des données fiables sur les intoxications et les accidents et plus généralement à produire des données d’exposition ou de santé sur une population souvent sans papier et mobile. Elle souligne que cette difficulté est renforcée pour les femmes.
Rezaei, et al. (2019)	Etude par questionnaire	Iran	L’enquête a été réalisée à l’aide d’un questionnaire structuré comprenant deux parties. La première partie du questionnaire comprenait neuf questions relatives aux caractéristiques des agriculteurs et des exploitations. La seconde partie contenait une série de questions conçues pour mesurer les concepts de la TPB primaire et étendue, comprenant 25 éléments répartis en six sous-sections	Cette étude cherche à montrer les apports de la théorie des comportements planifiés afin de comprendre les intentions des agriculteurs iraniens exposés à des pesticides à porter des EPI. Les Epi sont présumés la solution à mettre en œuvre. L’étude a porté sur 322 agriculteurs produisant du blé et a mobilisé un questionnaire en deux parties, reprenant la structure de la théorie du comportement planifié. Les résultats ont montré un impact positif du PBC sur l’intention des agriculteurs à porter des EPI. L’étude montre que les agriculteurs qui ont des ressources pré requises, du temps et des opportunités d’utiliser les EPI perçoivent une meilleure efficacité liée au port des EPI et montrent une intention plus forte à porter les EPI. L’étude montre aussi que les agriculteurs qui perçoivent l’ampleur du danger lié aux pesticides manifestent une intention plus forte à porter les EPI.
Robinson et al. (2020)	Revue de questions sur le niveau protection offert par la réglementation Européenne portant sur la mise sur le marché des	Europe		Cet article écrit par des juristes de différentes ONG environnementales discutent des faiblesses des réglementations européennes en charge des pesticides. Ils posent que la réglementation européenne portant sur les pesticides est l’une des plus stricte au monde. L’article discute que malgré cela de nombreuses preuves sont produites par différentes études qui montrent des failles dans ces réglementations qui autorisent la mise sur le marché de pesticides alors même que des atteintes à la santé des hommes, des animaux comme de l’environnement sont constatées. La discussion est menée à propose de différents

	pesticides.			pesticides dont le glyphosate. Le critère Klimish d'évaluation de la qualité des études scientifiques est discuté en lien avec les bonnes pratiques de laboratoire. Il est discuté le fait que ces critères ont été initialement créés pour juger de la qualité scientifique d'études expérimentales en écotoxicologie et toxicologie mais pas pour des études épidémiologiques. La question des conflits d'intérêt des experts au sein de l'EFSA est aussi discutée.
Saxton (2015)	Enquête ethnographique	États-Unis	L'article porte sur la manière dont l'anthropologie peut être utile aux mouvements sociaux qui dénoncent les dangers des pesticides pour la santé des travailleurs.	L'article souligne l'hétérogénéité des perceptions des risques associés à ce produit parmi les travailleurs (fatalisme, déni, méfiance).
Saxton (2021)	Etude qualitative. Ethnographie participative de longue durée. Entretiens Etude documentaire	Etats-Unis Californie Fraises	Explorer les dimensions structurelles de la globalisation de la production d'aliments et leurs effets sur les inégalités et injustices de santé qui affectent ceux et celles qui produisent les aliments.  La surexposition aux pesticides est une entrée importante de cette exploration.	Le chapitre 3 " <i>Pesticides and Farmworkers Health: Toxic Layers, Invisible Harm</i> " est le plus pertinent pour l'expertise. Décrit et analyse la multiplicité des sources d'exposition et les formes de continuité entre les expositions dans le cadre du travail et en dehors. Décrit et analyse l'inefficacité des mesures visant à prévenir les expositions : formation, reporting des accidents d'exposition, médecine professionnelle, EPI etc... Elles sont à la fois inadaptées au vu de l'importance, de la multiplicité et du caractère extrêmement diffus des expositions et non mises en œuvre par les employeurs sans possibilité de contestation possible par les salariés et salariées agricoles trop précarisées. Discute aussi l'inadaptation de nombre de dispositifs scientifiques d'étude des expositions et effets de santé à rendre compte des "couches" (" <i>layers</i> ") d'exposition que subissent ces salariés et salariées et de la multiplicité des maladies qu'ils et elles subissent.
Senanayake (2022)	Enquête qualitative	Sri Lanka	Article portant sur les pratiques phytosanitaires des agriculteurs du Sri Lanka et sur leurs difficultés à se passer des pesticides issus de la chimie de synthèse.	Dans un contexte de monoculture rizicole, l'usage intensif des pesticides crée des formes de sociabilités, telles que la dépendance des agriculteurs aux savoirs des firmes chimiques en matière de protection des cultures. A cela s'ajoutent un ensemble de dépendances économiques qui compliquent la possibilité d'une conversion à l'agriculture biologique et à des variétés indigènes de riz. Plus généralement, les pesticides sont un élément essentiel d'un modèle économique et culturel de riziculture auquel les cultivateurs restent attachés.
Sexsmith et Griffin (2020)	Enquête qualitative	États-Unis	Cet article étudie les inégalités de genre au travail en agriculture et met en avant les « vulnérabilités [des femmes travaillant en agriculture] à des formes aggravées d'injustices reproductives » qui ont pour effet de maintenir un coût du travail bas aux États-Unis.	L'article consacre une page à la question des expositions aux pesticides, en citant des travaux américains évoquant des situations d'exposition professionnelles de femmes enceintes aux pesticides et leurs difficultés d'accès aux installations sanitaires.
Shattuck, A. (2021)	Enquête qualitative (entretiens et observation participante)	Laos	L'article propose une réflexion sur l'incertitude qui entoure les effets des pesticides sur la santé des populations exposées.	L'article souligne les limites financières qui fragilisent les politiques de prévention des risques professionnels liés aux pesticides et rendent les expositions des travailleurs de l'agriculture largement invisibles.
Sookhtanlou et al. (2022)	Enquête par questionnaire	Iran	L'article porte sur l'exposition aux pesticides de 370 cultivateurs de pomme de terre en Iran.	L'article montre que près de 75% des sujets utilisent des pesticides à des concentrations supérieures à la dose recommandée. Il propose un indice composite pour estimer le risque pour la santé des agriculteurs lors de l'utilisation de pesticides, et identifie des variables expliquant la surutilisation et la non-utilisation de pesticides. Les variables les plus importantes discriminant le risque de danger pour la santé de la surutilisation par les agriculteurs sont le « comportement de santé », l'« attitude », les connaissances et la

				sensibilisation.
Stedile (2021)	Enquête qualitative par entretien auprès de travailleurs de 426 fermes	Brésil	L'article cherche à objectiver la superficie, la part de forêt indigène, la production végétale et animale, le niveau de mécanisation, l'utilisation et la manipulation des pesticides et l'encadrement technique. 96,5% des UP utilisent des pesticides.	Les plus grandes fermes sont plus mécanisées, et ont des pratiques plus adéquates dans le stockage et l'usage des pesticides, et disposent d'un meilleur niveau de conseil technique. Mais, indépendamment de la taille des problèmes de gestion du risque sont relevés, notamment en matière d'emballage des produits vétérinaires. Dans l'ensemble, les travailleurs agricoles interrogés sont soumis à une exposition chimique décrite comme « intense ».
Stein et Luna (2021)	Revue de littérature	Afrique subsaharienne Petits agriculteurs	L'article fait un état des lieux des travaux en SHS portant sur la gestion des pesticides agricoles en Afrique subsaharienne dans un contexte où l'utilisation des pesticides par les petits agriculteurs n'a cessé d'augmenter au cours des vingt dernières années.	L'article distingue de résultats dans la littérature étudiée : 1) L'étude des legs coloniaux qui ont contribué à mettre en invisibilité les utilisations de pesticides et les atteintes aux corps dans la longue durée. 2) Les écarts massifs entre le contenu des réglementations et des politiques publiques et leurs mises en œuvre qui accroît encore les processus de mise en invisibilité des problèmes engendrés par les pesticides en particulier les atteintes à la santé ; 3) La méconnaissance qu'ont les petits agriculteurs des pesticides, de leur dangerosité et des stratégies de prévention. L'article développe enfin l'argument selon lequel la littérature existante est lacunaire sur la perception des pesticides, les rapports aux pesticides développés par les petits agriculteurs ainsi que la complexité de leur expérience de ces produits.
Tambe, A., B. et al. (2019)	<i>Cross-sectional study</i> par questionnaire et observations	Cameroun Culture de la tomate 18 pesticides ont été utilisés sur les tomates par les agriculteurs de la région ouest du Cameroun, la plupart (n = 15) de ces pesticides figurant sur la liste homologuée des pesticides publiée par le ministère camerounais de l'agriculture et du développement rural (MINA- DER).	L'étude a été menée à parti d'un questionnaire réalisé par un enquêteur et des observations sur place pour compléter les réponses obtenues à l'aide du questionnaire. Étude multisectorielle. Une méthode a été utilisée pour recueillir des informations auprès de tous les participants éligibles. Les connaissances et les pratiques des participants ont été mesurées à l'aide de sept éléments relatifs à la formation sur l'utilisation des pesticides, aux bottes de sécurité, aux lunettes de sécurité, aux gants, au masque nasal, aux imperméables et au nettoyage du corps immédiatement après l'utilisation des pesticides.	Cette étude a été menée auprès d'agriculteurs de petites exploitations de culture de la tomate au Cameroun. Elle a porté sur 90 hommes et 14 femmes. L'étude a été menée sur la base d'un questionnaire et d'observations. Elle a cherché à caractériser les usages des pesticides et les effets sur la santé liés aux expositions aux pesticides. L'étude montre que les agriculteurs sont fortement exposés aux pesticides et que seuls 35% ont été formés et utilisent des EPI. Les agriculteurs sont victimes d'effet sur la santé en particulier sur le système nerveux central et le système respiratoire.