HAL open science

Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture

Catherine E. Laurent, Isabelle Baldi, Gérard Bernadac, Aurélie Berthet, Claudio Colosio, Alain Garrigou, Sonia Grimbuhler, Laurence Guichard, Nathalie Jas, Jean-Noël Jouzel, et al.

To cite this version:

Catherine E. Laurent, Isabelle Baldi, Gérard Bernadac, Aurélie Berthet, Claudio Colosio, et al.. Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture. [0] Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail. 2016, 96 p. hal-01607999

HAL Id: hal-01607999

https://hal.science/hal-01607999v1

Submitted on 5 Jun 2020

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail

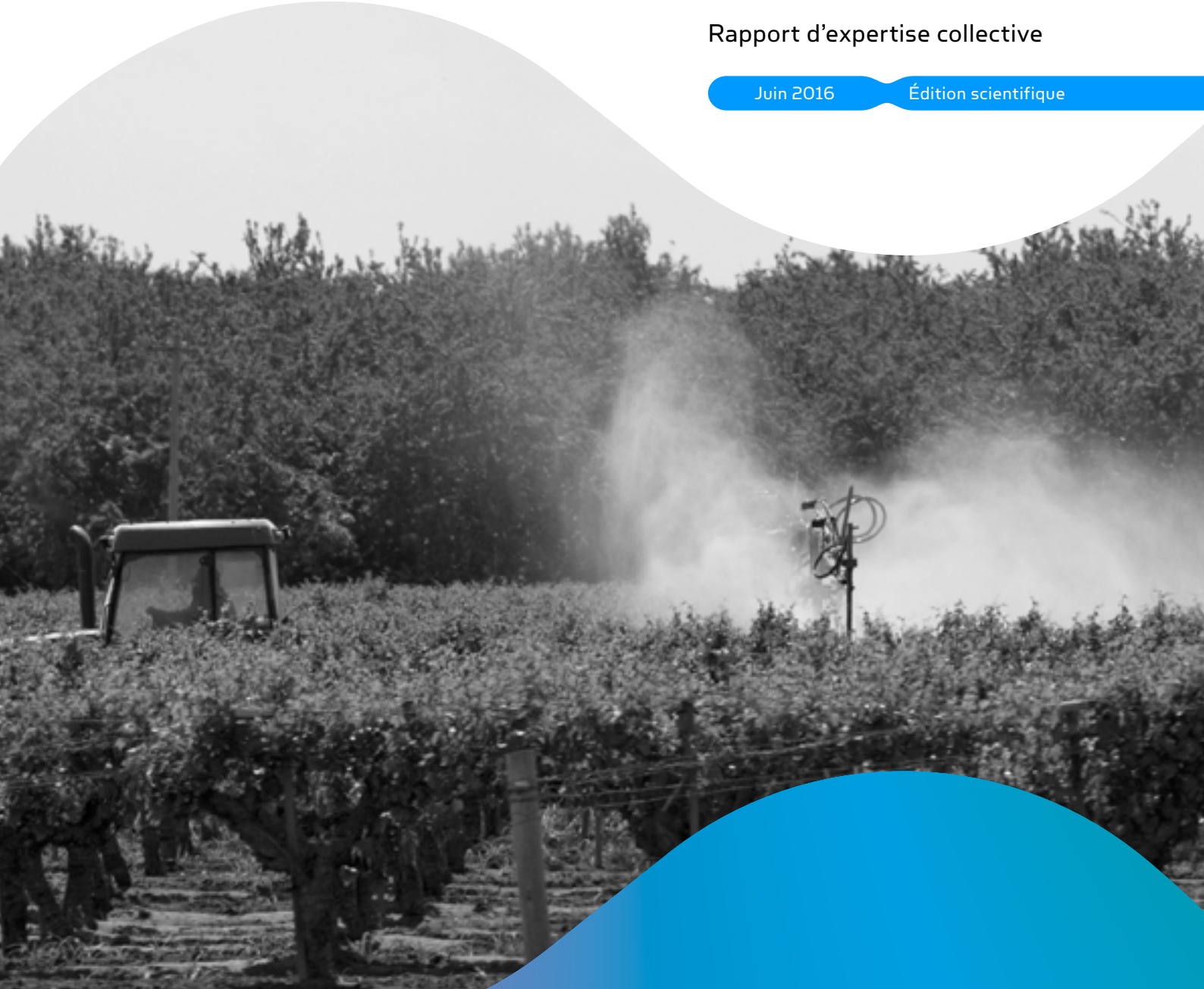
Connaître, évaluer, protéger

Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture

Volume n° 4 : Étude de cas sur la réentrée en arboriculture

Rapport d'expertise collective

Juin 2016 Édition scientifique



anses
agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail

Connaître, évaluer, protéger

Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture

Volume n° 4 : Étude de cas sur la réentrée en arboriculture

Rapport d'expertise collective

Juin 2016 Édition scientifique

Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture

Volume n° 4 : Étude de cas sur la réentrée en arboriculture

Autosaisine n°2011-SA-0192 « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture »

RAPPORT
d'expertise collective

Comité d'experts spécialisé « Évaluation des risques liés aux milieux aériens »

Groupe de travail « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture »

Juin 2016

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail,
14 rue Pierre et Marie Curie, 94701 Maisons-Alfort Cedex
Téléphone : + 33 (0)1 49 77 13 50 - Télécopie : + 33 (0)1 49 77 26 26 - www.anses.fr

SOMMAIRE

Liste des tableaux 4
Liste des figures 4
Sigles et abréviations 4

1 Introduction : la réentrée en arboriculture 6

2 Arboriculture, pesticides et exposition en France 8
2.1 Présentation de l'arboriculture en France 8
2.2 Évolution de l'utilisation de pesticides en arboriculture 10
2.3 L'utilisation des produits phytosanitaires en période d'opérations culturales variées : l'exposition des travailleurs 11

3 L'exposition aux pesticides lors de la réentrée en arboriculture : données internationales 14
3.1 L'apport de l'expologie 14
3.1.1 L'apport des sciences économique, humaines et sociales 16
3.1.2 Les pratiques 17
3.1.3 La mobilisation des salariés 17
3.1.4 La réglementation publique 18
3.1.5 Standards privés 19
3.1.6 Mise en œuvre des réglementations, connaissances et perception des risques 19

4 Enseignements pour les situations françaises 21
4.1 Peu d'information sur les expositions en arboriculture en France 21
4.2 La question des expositions liées à la réentrée paraît très sous-estimée en France 21

5 Références bibliographiques 23
5.1 Publications 23
5.2 Législation et réglementation 23

Annexe 1 : Revue de littérature internationale en métrologie et épidémiologie 24

1 Contexte 25

2 Objectif 26

3 Méthodes 27
3.1 Base de données 27
3.2 Mots-clés et recherche sur Pubmed 27
3.3 Critères de sélection 27

3.4 Extraction de l'information 28

4 Résultats 29

4.1 Données Contextuelles 32

4.2 Documentation des expositions des travailleurs à partir d'études de terrain 34

4.2.1 Mode de recueil 34
4.2.2 Populations étudiées et contextes agricoles 34
4.2.3 Pesticides étudiés 35
4.2.4 Principaux résultats – Comparabilité des études 41
4.2.5 Principaux résultats – Contamination cutanée et respiratoire 41
4.2.6 Principaux résultats – Mesure des résidus délogeables 41
4.2.7 Principaux résultats – Déterminants de l'exposition 41

4.3 Études réalisées dans un objectif de développement de scores, d'algorithmes ou de modèles. 52

4.3.1 Mesures de résidus, modélisation de la dissipation, calculs de délais de réentrée 52
4.3.2 Comparaison de modèles ou de scores 53

5 Synthèse - Conclusions 56

6 Références 58

Annexe 2 : Revue de littérature internationale en sciences humaines et sociales 65

1 Introduction 66

2 Méthode de recherche et identification des références 67

2.1 Bases de données 67

2.2 Requêtes 67

2.3 Types d'études retenues 67

3 Résultats 68

3.1 Caractéristiques des travaux retenus 69

3.2 Les pratiques 70

3.3 Mobilisations de salariés 72

3.4 Les procès DBCP 74

3.5 Les réglementations publiques 75

3.6 Standards privés 76

3.7 Perceptions et connaissances des risques et possibilités de protection 78

4 Conclusions 81

5 Références 83

Liste des tableaux

Tableau 1 : Modalités de la réalisation des deux revues bibliographiques 7
Tableau 2 : Production fruitière en France par OTEX (Source Agreste 2013, p.14) 8
Tableau 3 : Production fruitière selon la dimension des exploitations (Source Agreste 2013, p.15) 9
Tableau 4 : Composition du verger en 2010 (Source Agreste 2013, p.16) 9
Tableau 5 : Nombre moyen de traitements phytosanitaires selon les espèces en 2012* (source Agreste 2014, p.7) 11
Tableau 6 : Classement des 43 études retenues pour la synthèse sur l'exposition en réentrée en arboriculture 31
Tableau 7 : Épisodes d'intoxications chez des travailleurs agricoles californiens lors de réentrée entre 1949 et 1976 (d'après Gunther 1977) 33
Tableau 8 : Principales caractéristiques des études ayant produit des données originales concernant les expositions des travailleurs lors des phases de réentrée en arboriculture 36
Tableau 9 : Résultats des études ayant produit des données originales concernant les expositions des travailleurs lors de la réentrée en arboriculture 43
Tableau 10 : Résultats des études d'exposition ne comportant pas de mesure de la contamination externe 48
Tableau 11 : Études portant sur des mesures de résidus dans un objectif de modélisation de l'exposition des travailleurs 54
Tableau 12 : Nombre de résultats obtenus avec les différentes requêtes bibliographiques exécutées 68
Tableau 13 : Analyses des articles retenus 86

Liste des figures

Figure 1 : Calendrier de réalisation des différentes opérations culturales ainsi que des traitements phytopharmaceutiques. Exemple Bassin Sud Ouest. Verger de pommiers. F.Zavagli 2012. 13
Figure 2 : Nombre de publications sur le réentrée en arboriculture en fonction des décennies 30
Figure 3 : Localisation des 22 études de terrain 30

Sigles et abréviations

ANEFA	Association nationale pour l'emploi et la formation en agriculture
ARTF	*Agricultural Re-Entry Task Force*
CTIFL	Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes
DBCP	Dibromochloropropane
DEV	Démarches environnementales volontaires
ECPA	*European Crop Protection Association*
EFSA	l'autorité européenne de sécurité des aliments
EPA	*Environmental Protection Agency*
EPI	Équipement de protection individuelle
IFT	Indice de fréquence de traitement
ONG	Organisation non gouvernementale

OP	Organophosphoré
OSHA	*Occupational Safety and Health Organisation*
R(G)A	Recensement (général) de l'agriculture
RICA	Réseau d'information comptable agricole
USDA	*United States Department of Agriculture*
UTA	Unité de travail annuel

1 Introduction : la réentrée en arboriculture

Le GT a décidé de réaliser une étude de cas sur la « réentrée en arboriculture » pour trois raisons principales :

- le secteur arboricole est très important en France, avec certaines cultures, qui sont particulièrement consommatrices en pesticides comme celle de la pomme (plus de 35 traitements en moyenne par an) (Agreste 2014). De plus les exploitations ayant une production fruitière représentent 6% du total des exploitations agricoles mais mobilisent 9% de la main-d'œuvre et surtout 27% du salariat saisonnier agricole déclaré (Agreste 2013).
- l'arboriculture regroupe un nombre important de cultures pour lesquelles il est nécessaire d'effectuer de nombreuses tâches sur le terrain en réentrée – c'est-à-dire après les applications de pesticides qui peuvent laisser des résidus parfois importants sur les végétaux et peuvent conduire à des expositions parfois significatives des personnes travaillant dans les vergers traités[1]. Cette étude de cas visait du même coup à réfléchir à la façon de documenter les expositions aux pesticides pour de nombreuses cultures dont les tâches de réentrée peuvent être similaires.
- bien que les risques d'exposition dans certaines tâches de réentrée en arboriculture soient documentés dans certaines régions depuis assez longtemps (comme en Californie), ils semblent mal connus en France. Le GT a aussi considéré que l'étude interdisciplinaire de la réentrée en arboriculture pouvait également permettre d'attirer l'attention sur des situations d'exposition potentiellement importantes mais peu envisagées jusqu'à lors en France.

Cette étude de cas repose sur la réalisation de deux revues bibliographiques, l'une dans le domaine de l'expologie, l'autre dans le domaine des sciences humaines et sociales. Les résultats de ces revues sont détaillés sont annexés à la présente synthèse. Ces résultats ont été croisés avec des informations recueillies au cours d'auditions et avec des informations fournies par la statistique agricole.

La présente note de synthèse présente d'abord les informations de cadrage que nous avons pu recueillir sur l'arboriculture, l'utilisation de pesticides et les tâches potentiellement exposantes en France, puis les informations sur les expositions possibles apportées par les revues de littérature internationales. Elle finit sur quelques enseignements qu'il est possible de tirer quant aux risques d'exposition en arboriculture et aux stratégies de prévention envisageables. Les rapports complets des deux revues de littérature sont annexés.

[1] La problématique de la réentrée et des expositions indirectes se retrouve dans toutes les cultures réalisées en extérieur et sous serre, mais aussi en élevage après que les animaux ou les bâtiments ont été traités.

Tableau 1 : Modalités de la réalisation des deux revues bibliographiques

	Expologie/Épidémiologie	SHS/Économie
	Méthodes	
Bases	Une	Plusieurs
Algorithme	complexe	Plusieurs simples
Sélection	Série de critères explicités devant tous être remplis Sélection des articles sur la lecture intégrale des articles avec grille de lecture	Série de critères explicités devant tous être remplis Première sélection sur titre et résumé Deuxième sélection sur lecture intégrale des articles/chapitres d'ouvrages
	Résultats	
Nombres de documents retenus	42 articles sélectionnés À noter 1 étude retenue par les deux revues (Farquhar 2009) et un auteur présent dans les deux revues mais pas pour la même référence (Knaack)	22 articles ou chapitres d'ouvrages Des publications sont très proches (mêmes auteurs, même matériel empirique)
Dates de production	1973 à 2012 2 études depuis 2000 6 à 7 par décennie depuis les années 1970	1989 à 2013 18 publications depuis 2000 6 entre 1989 et 2000
Localisation géographique	4 Europe (1 UK, 2 NL, 1 Grèce), 1 Chili, toutes les autres études US (Californie, État de Washington, Floride, New Jersey, Oregon)	2 Chili 6 Amérique centrale et latine (Honduras, Costa Rica, Nicaragua) (bananes et essentiellement DBCP) 1 Afrique de l'Ouest (bananes, DBCP) 2 Thaïlande 12 USA (Oregon, État de Washington, Californie, Floride, territoires non spécifiés) Certains articles sur plusieurs pays
Production	Pommes, poires, pêches, oranges/agrumes	Bananes, pommes, orange, litchis ou production non spécifiée
Produits	Insecticides OP, phosalone, parathion, acide succinique, chlorobenzilate, azinphos-méthyl, captane, fongicide	OP, paraquat, DBCP, chlorthiophos et carbosulfan, pesticides non spécifiés
Tâches	Éclaircissage, effeuillage, récolte, étayage, arrosage. Tâches spécifiées dans les études.	Tâches non nécessairement spécifiées. Mais récolte, travail avec sacs traités, travail de tri et conditionnement après traitement et après récolte discutés plus spécifiquement dans certains documents
Population	Caractéristiques sociales des populations non discutées	Essentiel des articles portent sur des populations pauvres (migrants légaux ou illégaux, saisonniers ou permanents), ouvriers agricoles, petits exploitants vulnérables (en Amérique latine, Thaïlande, Chili). Dimension genrée des expositions apparaît aussi parfois.

2 Arboriculture, pesticides et exposition en France

2.1 Présentation de l'arboriculture en France

Au dernier recensement de l'agriculture (2010), on décomptait en France 27 640 exploitations ayant une production fruitière, dont 46% étaient des exploitations spécialisées dans cette production et, à ce titre, classées dans l'Otex « arboriculture » (Tableau 2 et Tableau 3). La majorité des exploitations ayant une production de fruits ont donc d'autres productions dominantes. Par conséquent, les situations potentielles d'exposition doivent donc être systématiquement envisagées dans une perspective d'expositions combinées, une même personne pouvant être potentiellement exposées aux pesticides utilisés pour les différentes productions de l'exploitation. Ce point de vue s'impose d'autant plus que la production fruitière elle-même associe diverses espèces sur la même exploitation (Tableau 4).

Tableau 2 : Production fruitière en France par OTEX (Source Agreste 2013, p.14)

	Part du verger dans la SAU	Verger par exploitation	SAU par exploitation	Volume de travail par exploitation	SAU/UTA
	%	ha/exploitation	ha/exploitation	UTA/exploitat.	ha/UTA
Ensemble des exploitations fruitières	**19**	**5,8**	**30,6**	**2,4**	**13,0**
Arboriculture	49	9,3	19,0	2,6	7,3
Grandes cultures	2	1,6	72,8	2,2	33,2
Maraîchage et horticulture	12	1,4	11,7	3,5	3,4
Viticulture	12	2,6	21,1	2,1	10,1
Élevage	3	1,9	55,9	1,8	30,8
Polyculture	11	4,3	38,0	2,3	16,2
Polyculture-élevage	7	3,2	45,2	1,6	28,8

Champ : France métropolitaine

SAU : Superficie agricole utilisée.
UTA : Unité de Travail Annuel. L'UTA permet de cumuler les différents temps de travail. Elle correspond à l'équivalent du temps de travail d'une personne à temps complet sur un an. Il s'agit ici du volume de travail sur l'exploitation, que ce travail soit consacré ou non à la culture fruitière.
Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Tableau 3 : Production fruitière selon la dimension des exploitations (Source Agreste 2013, p.15)

		Répartition des exploitations	Répartition de la surface du verger	Verger par exploitation	SAU par exploitation	Part du verger dans la SAU	Volume de travail par exploitation
		%	%	ha/exploitat.	ha/exploitat.	%	UTA/exploitat.
Ensemble des exploitations fruitières	**Total**	**100**	**100**	**5,8**	**30,6**	**19**	**2,4**
	Petites	34	6	1,1	6,1	18	0,7
	Moyennes	35	22	3,7	26,9	14	1,7
	Grandes	32	72	13,1	60,8	22	4,9
dont spécialisées en Arboriculture	**Total**	**46**	**74**	**9,3**	**19,0**	**49**	**2,6**
	Petites	19	5	1,5	3,6	40	0,6
	Moyennes	13	14	6,3	14,8	42	1,7
	Grandes	14	55	22,9	44,4	52	6,3
dont autres spécialisations	**Total**	**54**	**26**	**2,8**	**40,5**	**7**	**2,1**
	Petites	14	2	0,6	9,4	7	0,9
	Moyennes	22	8	2,1	34,3	6	1,6
	Grandes	18	17	5,4	73,7	7	3,8

Champ : France métropolitaine

SAU : Superficie agricole utilisée.
UTA : Unité de Travail Annuel. L'UTA permet de cumuler les différents temps de travail. Elle correspond à l'équivalent du temps de travail d'une personne à temps complet sur un an. Il s'agit ici du volume de travail sur l'exploitation, que ce travail soit consacré ou non à la culture fruitière.
Source : Agreste - Recensement agricole 2010

Tableau 4 : Composition du verger en 2010 (Source Agreste 2013, p.16)

	Exploitations fruitières		Superficie		Superficie moyenne
	nombre	%	ha	%	ha/exploitation
Ensemble du verger	**27 640**	**100**	**160 080**	**100**	**5,8**
Pomme	7 590	27	43 770	27	5,8
Fruits à coque	7 930	29	34 410	21	4,3
dont noix	*5 460*	*20*	*21 500*	*13*	*3,9*
Prune	5 830	21	19 510	12	3,3
Abricot	5 090	18	15 330	10	3,0
Pêche et nectarine	3 640	13	14 320	9	3,9
Cerise	7 580	27	10 270	6	1,4
Raisin de table	3 360	12	6 170	4	1,8
Poire	3 340	12	6 160	4	1,8
Kiwi	1 530	6	4 410	3	2,9
Petits fruits	2 560	9	3 810	2	1,5
Agrumes	360	1	1 930	1	5,4

Champ : France métropolitaine

Source : Agreste - Recensement agricole 2010

La production fruitière requiert une main-d'œuvre importante. Par rapport au reste des exploitations agricoles, les exploitations ayant une production de fruits ont un recours au travail salarié permanent, et surtout saisonnier, plus important. Le temps de travail moyen des chefs d'exploitation et des co-exploitants y est également plus élevé. L'emploi dans ce secteur de production subit de fortes recompositions. D'une part le volume global de travail (mesuré en UTA) a fortement reculé entre 2000 et 2010 en raison de la réduction du nombre d'exploitations, passant de 92 7240 UTA déclarées en 2000, à 65 020 UTA déclarées en 2010. D'autre part on observe une augmentation de la part relative du travail salarié dans le travail total. Ainsi que le note le rapport d'Agreste (2014) « *la main-d'œuvre familiale couvre la moitié des besoins totaux en main-d'œuvre des exploitations fruitières, une proportion bien inférieure à celle observée pour l'ensemble des exploitations agricoles, où elle atteint 71%. Le recours aux contrats saisonniers et une caractéristique des exploitations fruitières. La main-d'œuvre saisonnière contribue en effet à*

32% du volume de travail contre seulement 11% dans l'ensemble des exploitations agricoles. D'autre part 17% de la main-d'œuvre est fournie par des salariés permanents » (p.31).

Il est cependant difficile de produire un portrait réaliste de la population de travailleurs œuvrant en arboriculture. Les données statistiques disponibles ne fournissent pas d'information sur le nombre effectif de personnes correspondant à la somme des UTA des travailleurs non permanents. La section traitant de l'identification des personnes travaillant dans l'agriculture dans le volume 1 (section 3.1) discute plus spécifiquement de cette difficulté à bien préciser l'importance de la population agricole des différentes filières.

2.2 Évolution de l'utilisation de pesticides en arboriculture

Les données disponibles sur l'usage des pesticides en production fruitière peuvent légèrement différer selon les sources mais convergent pour conclure qu'il s'agit d'un secteur où l'on peut observer des niveaux d'utilisation de pesticides élevés.

- Selon les données produites par la *European Crop Protection Association* (ECPA) pour les années 1995, 1999 et 2003, l'arboriculture serait en Europe le 5e utilisateur de pesticides en importance après les productions vinicoles, de céréales, de maïs et de graines pour la fabrication d'huile végétale selon l'année de référence 2003[2].
- Selon le rapport Ecophyto R&D (Butault *et al.*, 2010), l'arboriculture est, en France, le secteur consommant le plus de pesticides. L'IFT (indice de fréquence de traitement) moyen est de 17,3 et atteint 36,5 pour la pomme. Les dépenses de pesticides par hectare sont en moyenne de 590 € et atteignent 1 267 € pour la pomme.
- Selon le rapport Agreste / Ecophyto (2013) « Enquête pratiques culturales en arboriculture en 2012, Nombre de traitements », le nombre de traitements moyens est élevé pour plusieurs production. Il atteint 35,1 pour la pomme (Tableau 5).
- D'après la fiche arboriculture ANEFA (Anon, 2014), seules 11,7 % des surfaces fruitières sont cultivés de façon biologique.

La production arboricole utilise des pesticides principalement pour contrôler les maladies fongiques et les insectes nuisibles. Cette utilisation a pour objectif de garantir un bon rendement en matière de production et d'éviter les pertes tout en maintenant l'aspect esthétique du fruit et une bonne durée de conservation pour répondre aux exigences du marché. Cet usage cosmétique des pesticides (« cosmetic use ») conduit aussi à des traitements après la récolte et génère lui aussi des situations d'exposition indirectes quand il faut manipuler les fruits après les traitements pour le conditionnement.

Les données les plus récentes publiées en 2014 par l'Agreste permettent d'estimer l'importance de l'utilisation des pesticides en arboriculture en France. « *Au cours de la campagne 2012 (2011 pour la pomme), 98 % des arboriculteurs indiquent avoir traité leur verger* ». Pour la même période, le nombre moyen de traitements phytopharmaceutiques (c'est-à-dire le nombre moyen de produits appliqués sur la totalité des différents passages) varie selon les espèces fruitières. Il est de 8,5

[2] En ce qui concerne les fongicides, les matières actives les plus utilisées étaient le soufre organique, les dithiocarbamates et les composés cuivrés avec respectivement 3 406, 3 305 et 836 tonnes de substances actives utilisés en 2003. D'autres substances actives sont aussi utilisées de façon significative mais à un moindre niveau, il s'agit de l'acide phtalique (424 tonnes), les amides (366 tonnes), les quinones (299 tonnes), les organophosphorés (161 tonnes), les pyrimidines (147 tonnes), les canazoles (142 tonnes) et l'imidazole (103 tonnes). Les autres fongicides vendus se situent sous la barre de 100 tonnes. Les insecticides organophosphorés et carbamates étaient encore les insecticides les plus vendus en 2003 avec respectivement 1428 et 141 tonnes de substances actives. Les autres insecticides étaient sous la barre des 100 tonnes (source ECPA et Eurostat).

pour la cerise et va jusqu'à 35,1 pour la pomme. Les disparités régionales peuvent cependant être importantes notamment pour les vergers de pommiers. Ceci est lié à des conditions pédoclimatiques, des pressions parasitaires et des pratiques d'exploitation différentes. Les fongicides et bactéricides sont les plus appliqués. Ils représentent les deux tiers des traitements dans le cas de la pomme et de l'abricot. Quelle que soit l'espèce fruitière, les pucerons font systématiquement partie des deux cibles principales des traitements insecticides et acaricides. Le Tableau 5 présente le nombre moyen de traitements phytosanitaires (fongicides-bactéricides, insecticides-acaricides, herbicides et régulateurs de croissance) effectués en 2012.

Tableau 5 : Nombre moyen de traitements phytosanitaires selon les espèces en 2012* (source Agreste 2014, p.7)

	Pomme	Pêche	Prune	Abricot	Cerise
Fongicides - Bactéricides Valeur estimée *Demi-intervalle de confiance*	22,5 0,4	10,8 0,4	5,5 0,1	8,1 0,3	5,0 0,1
Insecticides - Acaricides Valeur estimée *Demi-intervalle de confiance*	9,0 0,2	6,7 0,3	3,8 0,1	2,6 0,2	2,6 0,1
Herbicides Valeur estimée *Demi-intervalle de confiance*	1,8 0,1	1,6 0,1	1,5 0,1	1,1 0,1	0,8 0,0
Régulateurs de croissance Valeur estimée *Demi-intervalle de confiance*	1,8 0,1	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,1 0,0
Nombre total de traitements **Valeur estimée** ***Demi-intervalle de confiance***	**35,1** **0,7**	**19,2** **0,7**	**10,8** **0,2**	**11,8** **0,4**	**8,5** **0,2**

** Les résultats portent sur 2011 pour la pomme.*

Note : un traitement phytosanitaire correspond à l'application d'un produit spécifique lors d'un passage (cf. encadré « Définitions - Méthodologie »).

L'intervalle de confiance mesure la plage de valeurs au sein de laquelle la « vraie » valeur a 95 % de chance de se situer.

En 2012, le nombre total moyen de traitements sur la pêche a 95 % de chance de se situer entre 18,5 (19,2 – 0,7) et 19,9 (19,2 + 0,7).

Source : Agreste - Enquête sur les pratiques phytosanitaires en arboriculture 2012

2.3 L'utilisation des produits phytosanitaires en période d'opérations culturales variées : l'exposition des travailleurs

La conduite des cultures pérennes telles que la vigne ou l'arboriculture comprend un nombre particulièrement important d'interventions sur le végétal, sur une période relativement longue de l'année. Il s'agit notamment de favoriser le bon développement de la plante en la guidant/l'attachant sur des supports, de supprimer le végétal non productif, de sélectionner les rameaux et/ou les fruits, de vérifier et comptabiliser les attaques de nuisibles et de maladies, de procéder à la cueillette et au conditionnement. Très souvent, ces tâches sont réalisées manuellement et impliquent, pour un certain nombre d'entre elles, un contact étroit avec le végétal, peu de temps après des opérations de traitement. Elles sont couramment dénommées « tâches de réentrée » (annexe 1). Il apparaît donc important de caractériser les expositions qui peuvent y être associées au même niveau que les expositions lors des activités de préparation ou d'application.

L'audition tenue avec une représentante du Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL) a permis d'obtenir des informations intéressantes sur les liens entre calendrier des tâches et calendrier des traitements en arboriculture (Figure 1).

Tel que déjà précisé, l'arboriculture comporte un nombre d'opérations culturales assez variées et plusieurs de celles-ci peuvent être réalisées en période où sont effectués des traitements avec des pesticides. La Figure 1 donne un exemple de calendrier de réalisation des différentes opérations culturales ainsi que des traitements phytopharmaceutiques. Il est facile de constater qu'en fonction de ce calendrier, la voie est ouverte à de nombreuses situations d'exposition en réentrée. Il est à noter que ce calendrier s'arrête à la récolte et n'inclut ni les tâches de conditionnement, ni les traitements éventuels après récolte, sources potentielles d'exposition.

Bien que résultant d'une approche encore exploratoire, les informations du CTIFL permettent aussi de mieux préciser les risques d'exposition aux pesticides en fonction des types de tâches effectuées dans le domaine de l'arboriculture. Par exemple, les informations présentées montrent comment les diverses opérations culturales peuvent influencer les contacts avec la végétation préalablement traitée (Zavagli, 2012). Ces contacts, selon leur durée et leur intensité, facilitent l'exposition cutanée aux pesticides. Certaines tâches, comme l'éclaircissage manuel, la taille en vert ou le palissage, impliquent généralement des contacts directs avec la végétation traitée alors que d'autres, comme la pose de filets paragrêle en pomiculture ou la pose de diffuseurs, engendrent plutôt un contact partiel. Certaines autres tâches comme la taille d'hiver et le suivi de l'irrigation, le relevé de pièges et l'observation des cultures impliqueraient un contact plutôt limité avec les végétaux. Il est cependant important de noter que, dans le cas de la taille d'hiver, des applications de pesticides sont réalisées à la même période et donc que des situations d'exposition restent possibles. Le traitement phytosanitaire, la fertilisation et l'entretien du sol, généralement effectués à partir d'un tracteur, se font généralement sans contact avec la végétation. Ces appréciations qualitatives, issues de l'observation des pratiques, mériteraient d'être précisées à l'aide de mesures d'exposition en situation.

Notons que l'importance du contact avec la végétation n'est pas le seul facteur qui influence l'exposition des personnes travaillant dans l'agriculture. Par exemple, le type d'équipement utilisé, son niveau d'entretien ainsi que le port et l'efficacité des équipements de protection individuelle modulent grandement les niveaux d'exposition. Par ailleurs, compte tenu de la diversité des travaux à réaliser tout au long de l'année dans les différentes cultures, les circonstances d'exposition sont multiples. Ainsi, au-delà de la manipulation des herbicides, fongicides et insecticides pour la réalisation de traitements sur les cultures et les récoltes, les expositions à ces substances peuvent survenir à d'autres moments de l'activité tels que l'achat, le transport, le stockage des produits pesticides, l'élimination des emballages, le nettoyage des équipements ou du matériel, ainsi que le contact avec les végétaux précédemment traités. En effet, les produits présents dans les locaux, sur le matériel et sur les emballages, appliqués sur les branches, feuilles, fruits ou sol, persistent plusieurs heures, jours ou semaines (annexe 1). Ainsi, toute tâche impliquant un contact avec ces supports ou un relargage dans l'air est susceptible d'engendrer un transfert de la substance vers la peau du travailleur, ou vers ses voies aériennes.

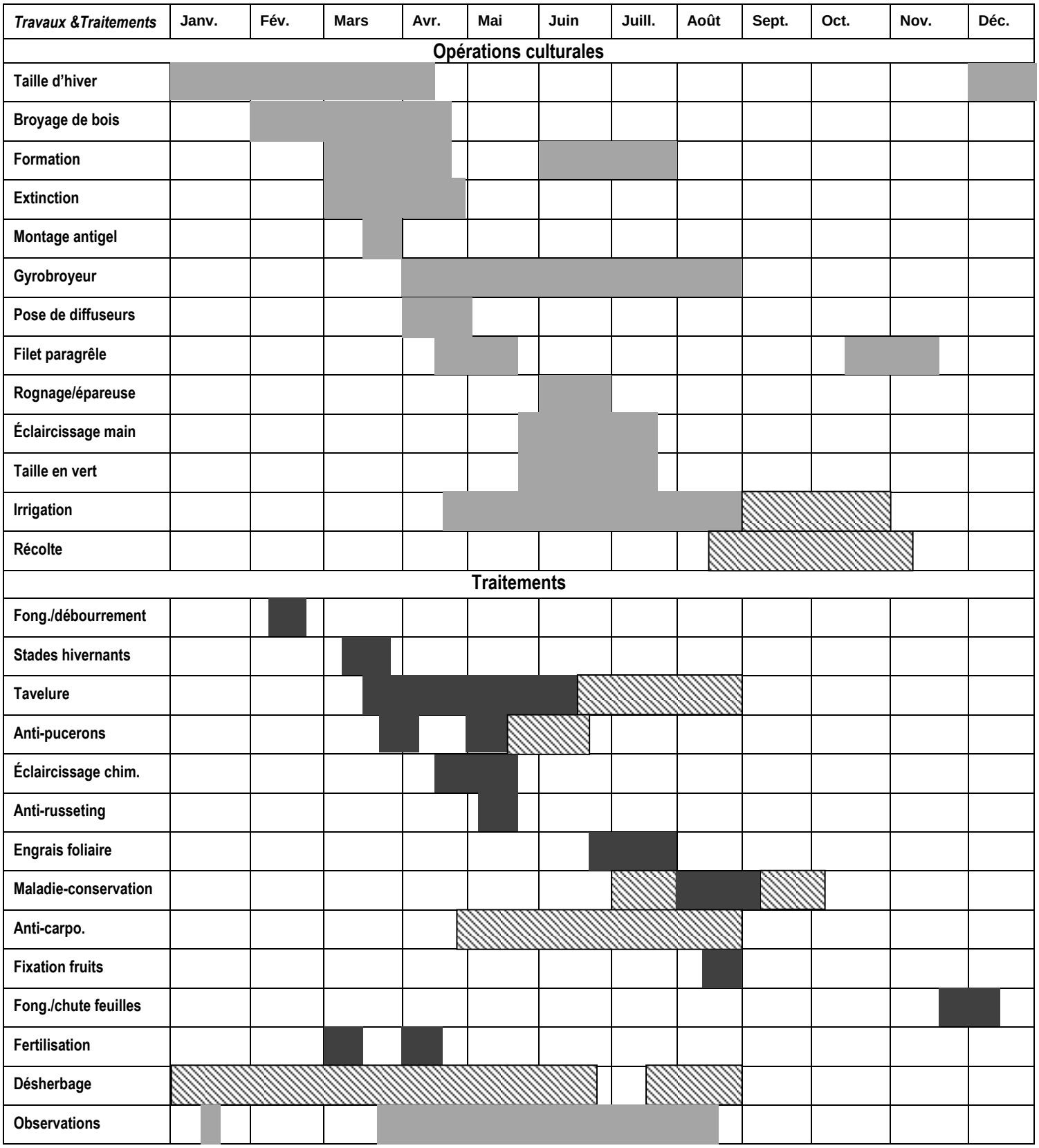


Figure 1 : Calendrier de réalisation des différentes opérations culturales ainsi que des traitements phytopharmaceutiques. Exemple Bassin Sud Ouest. Verger de pommiers. F.Zavagli 2012.

3 L'exposition aux pesticides lors de la réentrée en arboriculture : données internationales

3.1 L'apport de l'expologie

La revue de littérature en expologie (annexe 1) a visé à identifier l'ensemble des données disponibles dans la littérature internationale concernant les expositions des travailleurs agricoles lors des opérations de réentrée en arboriculture. Dans un premier temps, une recherche des références pertinentes a été réalisée à partir de la base documentaire Pubmed de la *National Library of Medicine*. Les articles ont été retenus en fonction de leur affinité avec les critères suivants :

- Études disposant d'une estimation de l'exposition des travailleurs lors d'opérations de réentrée
- Études menées dans le secteur de l'arboriculture, quel que soit le type d'arbre
- Études publiées en français ou anglais
- Pas de restriction en ce qui concerne la date de publication des articles.

Sur les 115 publications initialement identifiées sur Pubmed, 42 articles ont été sélectionnés sur la base des critères établis. Suite aux recommandations des experts du groupe de travail, un autre article a été retenu et six autres ont permis de mieux documenter le contexte général même s'ils ne remplissaient pas strictement les critères de sélection. Pratiquement toutes les publications ont été réalisées aux États-Unis. Seulement 4 provenaient d'Europe (1 au Royaume-Uni, 2 aux Pays-Bas et 1 en Grèce) et une du Chili. Alors que 6 à 7 études de terrain pertinentes ont été générées par décennie avant les années 2000, seules deux études ont été répertoriées depuis cette date. Les 43 études retenues ont été classées selon qu'elles étaient de nature contextuelles (n=10), qu'elles discutaient de mesures d'exposition des travailleurs réalisées sur le terrain (n=22) ou qu'elles présentaient des travaux de développement de scores, d'algorithmes ou de modèles (n=11).

La plupart des études ayant généré des données métrologiques originales ont été produites dans la suite d'épisodes récurrents d'intoxications aiguës aux organophosphorés survenues aux États-Unis dès les années 1950, et plus particulièrement dans des plantations d'agrumes. En Europe, les seules études de terrain identifiées provenaient des Pays-Bas.

Plusieurs approches ont été utilisées pour mesurer l'exposition des travailleurs aux pesticides. Parmi celles-ci, on peut noter la mesure de la contamination externe (principalement par voie cutanée), la mesure de la contamination respiratoire, l'estimation de la contamination interne (mesure de la matière active et/ou de ses métabolites dans les fluides biologiques comme l'urine ou le sang) ou l'appréciation d'effets physiologiques (dommages cytogéniques ou de l'activité de l'acétylcholinestérase). La plupart des études ont généralement porté sur un nombre restreint de travailleurs (moins de 20) et ce, dans les cultures de pêches, de pommes et d'agrumes. Les principales tâches investiguées dans ces études étaient l'éclaircissage et la récolte, auxquelles s'ajoutaient, dans certaines études le pliage, l'arrosage, la taille et le conditionnement des fruits. Bien que différents types de pesticides aient été étudiés de façon marginale, la plupart des études ont portées sur les insecticides organophosphorés.

Plusieurs des études mettent en évidence la présence de résidus de pesticides sur la peau des travailleurs suite à des travaux sur le terrain. Souvent, ces expositions cutanées ont pu être corrélées avec les niveaux de résidus foliaires ou présents sur les fruits. Certaines études ont aussi confirmé des expositions en évaluant la contamination interne des travailleurs par la mesure des métabolites urinaires des substances mères investiguées. Dans certains autres cas, il a été possible de mesurer une modification de certains paramètres physiologiques pouvant traduire un

effet des matières actives absorbées (principalement modification de l'activité acétylcholinestérasique en lien avec l'exposition aux organophosphorés). Les études ont parfois démontré des corrélations entre les différentes mesures comme les résidus foliaires, la contamination cutanée et respiratoire ou la présence de métabolites urinaires, quoique de façon très inconstante.

Les études disponibles ont soulevé certaines difficultés méthodologiques, rendant difficile la comparabilité des données métrologiques et engendrant un besoin de standardisation. Par exemple, les zones corporelles et les méthodes utilisées pour estimer l'exposition cutanée pouvaient varier d'une étude à l'autre. Pour un même pesticide, certaines études de contamination interne ont mesuré la matière active alors que d'autres ont ciblé les métabolites.

Malgré ces limites, ces études ont permis de tirer des informations importantes. Par exemple, les études d'exposition cutanée, même si elles présentaient des résultats variables, ont démontré la contribution importante de la contamination des mains (environ 70 %) à l'exposition cutanée totale. Par ailleurs, ces études ont permis de démontrer que, de façon générale, les tâches de réentrée pouvaient engendrer des expositions plus importantes que celles des tâches de traitement, et que l'exposition cutanée était beaucoup plus importante que l'exposition par inhalation. Au niveau de l'exposition cutanée, les études répertoriées ont permis d'identifier ou de poser des hypothèses concernant divers déterminants de l'exposition autres que les résidus foliaires délogeables et de leur dissipation dans le temps. Les principaux autres facteurs évoqués sont : conditions météorologiques, conditions d'application de la substance, nature précise de la tâche et de ses modalités de mise en œuvre, intensité du travail réalisé. Cependant, le faible nombre d'études de terrain réalisées ne permet pas à ce jour d'identifier la contribution de chacun de ces facteurs dans les niveaux d'exposition des travailleurs.

Certaines études ont été réalisées dans un objectif de développement de scores, d'algorithmes ou de modèles. Dès les premières études en champ réalisées dans les années 1970, les auteurs évoquaient la nécessité de produire des modélisations mathématiques de l'exposition et du risque pour le travailleur en réentrée. Les justifications avancées de cette nécessité étaient le coût des études de terrain, leur complexité logistique et un argument éthique (ne pas réaliser d'expérimentation chez l'homme). En partant du postulat que la dissipation des résidus au cours du temps n'était pas dépendante du végétal sur lequel ils étaient déposés, des algorithmes ont été proposés pour modéliser la quantité de résidus présente sur les végétaux après une phase de traitement. Ces études visaient principalement à produire des délais de réentrée pour des matières actives spécifiques, le plus souvent des organophosphorés. À partir des années 2000, certaines publications cherchent à comparer des modèles existants ou à proposer des améliorations ou alternatives méthodologiques. Par exemple, une étude a démontré que le modèle intégrant la forme temporelle de l'absorption cutanée était plus fortement corrélé aux données biométrologiques. Une autre étude a permis de constater, qu'en partant des mêmes équations pour le calcul de l'exposition en réentrée, le choix des paramètres utilisés conduit à des divergences notables dans le calcul des expositions. Selon cette étude, les plus grandes différences seraient induites par la manière dont sont estimés les résidus foliaires délogeables. Les choix des délais retenus pour définir l'exposition à court/moyen/long terme, des coefficients de transfert, du pourcentage d'absorption cutanée, du poids corporel moyen, ainsi que de la prise en compte combinée d'autres formes d'exposition ou encore par simple présence à proximité de cultures traitées, peuvent aussi influencer les résultats de façon significative.

Le nombre d'études disponibles concernant l'exposition des travailleurs reste limité. Il est possible que d'autres données aient été produites notamment dans le cadre de l'autorisation de mise sur le marché des substances mais celles-ci sont protégées par le secret industriel et demeurent inaccessibles. Plusieurs études ont été générées dans les années 1970 et 1980 aux États-Unis afin de servir de base à divers outils de modélisation. Les molécules qui ont alors fait l'objet des études étaient presque exclusivement des organophosphorés. Aucun herbicide et un seul fongicide (captane) ont donné lieu à publication. Même si le dépôt de substance sur le feuillage et le transfert vers l'opérateur ne dépendent pas nécessairement de la nature chimique du pesticide, il n'est pas possible d'exclure que les conditions d'exposition puissent différer pour d'autres types

de pesticides, en fonction des cultures concernées. Malgré toutes ces incertitudes, il n'a pas semblé nécessaire par la suite de produire de nouvelles études de terrain et ce tant pour l'industrie des pesticides que pour les organisations responsables de l'homologation.

3.1.1 L'apport des sciences économique, humaines et sociales

Une revue de littérature en sciences économiques, humaines et sociales qui traitent de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides en réentrée en arboriculture a été réalisée (Jas et Lallemand, 2014). Les résultats sont synthétisés ici. La revue de littérature a été effectuée dans différentes bases de données spécialisées du domaine des sciences sociales pour lesquelles différentes requêtes ont été testées afin d'obtenir les résultats les plus pertinents :

- Cairn
- EconLit, International Political Science Abstracts, Political Science Complete, SocINDEX (interrogées ensemble)
- Jstor Sciences Sociales
- E-Literature

Google Scholar et Google ont aussi été utilisés pour des recherches de proche en proche et d'éventuels documents de littérature grise. Les travaux publiés en France et à l'étranger ont été pris en compte dans la mesure des compétences linguistiques des professionnels impliqués dans la recherche.

Pour être retenues, les publications (articles, ouvrages, chapitres d'ouvrage) devaient permettre de documenter l'exposition aux pesticides de personnes travaillant en arboriculture, avec ou sans spécification des tâches dans la mesure où ils questionnaient des situations de travail en vert, de cueillette/récolte, de tri et de conditionnement. Les articles, ouvrages et chapitres d'ouvrage qui parlaient uniquement des applicateurs et des préparateurs ou les travaux qui n'envisageaient que des effets ont été exclus. Les articles pouvaient traiter de toutes les personnes (incluant leur famille) exerçant une activité dans le milieu de l'arboriculture, y compris les travailleurs occasionnels et les personnes travaillant dans des usines de conditionnement des fruits. Au final, 22 de ces articles ou chapitres d'ouvrages ont été retenus après lecture complète des textes et élimination des doublons. Certains des travaux ne répondant pas aux critères d'inclusion ont tout de même été utilisés pour l'écriture du rapport (en annexe) parce qu'ils contenaient des informations intéressantes et pertinentes.

Les références retenues possèdent certaines caractéristiques importantes à mentionner :

- Premièrement, celles-ci proviennent essentiellement de travaux réalisés aux États-Unis (12) et en Amériques centrale et latine (10). Quelques articles ont aussi été réalisés sur la situation en Thaïlande (2) ou en Côte d'Ivoire (1). Certains articles portent sur plusieurs pays.
- Les populations étudiées dans ces articles étaient généralement vulnérables et ayant peu accès à des ressources économiques et sociales : travailleurs salariés, saisonniers migrants ou permanents, ou de très petits exploitants.
- Le plus souvent, les cultures ne sont pas spécifiées dans les références retenues. Cependant les cultures de la banane (Amérique centrale, Afrique de l'Ouest), des pommes (États-Unis, différents États), des oranges (Californie) et des litchis (Thaïlande) sont traitées plus spécifiquement dans certaines de celles-ci.
- Les références retenues traitent rarement d'une substance en particulier, même si au sein des articles ou chapitres d'ouvrages se trouvent des passages consacrés à certains groupes de substances (ex. organophosphorés) ou produits spécifiques (ex. paraquat). Il est cependant à noter que toute une série d'articles portent spécifiquement sur l'utilisation du DBCP et ses conséquences dans la culture de la banane en Amérique centrale et en Afrique de l'Ouest entre la fin des années 1960 et le milieu des années 1980.

- Aucune référence ne porte sur des pays européens. La plupart des publications présentent des situations et problèmes résultant pour une grande part de configurations politiques et sociales pas ou peu présentes en Europe, et France plus particulièrement**.**
- La réalisation d'études en sciences sociales dans ces pays résulte souvent de la mise en visibilité de problèmes par des mobilisations, des actions en justice et l'action publique engendrées par l'engagement des syndicats et des organisations non gouvernementales (ONG).

Bien que les caractéristiques des populations étudiées par ces articles de sciences économiques, humaines et sociales soient peu représentatives du contexte français, la littérature recensée apporte quelques informations sur les pratiques réelles de travail. Elle traite aussi de plusieurs phénomènes découlant de l'utilisation importante et croissante des pesticides au cours des dernières décennies : mobilisations ; réglementations et politiques publiques et difficultés de leur mise en œuvre ; actions en justice pour obtenir réparation dans les contextes des relations asymétriques entre « *global south* » (incluant les travailleurs migrants dans des pays plus riches) et « *global north* » ; rôle des standards privés dans la protection des salariés ou des petits exploitants ; perceptions des risques et des possibilités de prévention des risques.

3.1.2 Les pratiques

Tel que déjà spécifié, l'agriculture fruitière est un très grand utilisateur de pesticides en raison d'une pression parasitaire importante et de la nécessité d'assurer l'aspect esthétique des fruits afin de répondre aux exigences du marché. Ces utilisations peuvent être responsables d'expositions significatives des travailleurs. Dans ce contexte, certains des articles répertoriés se sont intéressés à certaines pratiques et à leurs déterminants. Certaines études américaines réalisées dans le milieu de la pomiculture, sur la base de données plus ou moins détaillées, précisent l'importance accordée aux délais de réentrée. Par exemple, le délai de réentrée peut influencer significativement le choix d'un insecticide tout en interrogeant le critère de dangerosité pour la santé des opérateurs. D'un point de vue économique, une autre étude a fait ressortir 1) qu'en termes de revenu, le respect d'un délai de réentrée peut conduire à une réduction des bénéfices économiques ; 2) que ces délais peuvent favoriser l'augmentation des traitements préventifs systématiques ; 3) que les agriculteurs peuvent décider de rentrer dans leurs parcelles avant l'expiration du délai de réentrée prenant ainsi, pour eux et/ou leurs employés, un risque avéré pour leur santé. Les auteurs soulignent enfin que, du point de vue de l'économie, la situation serait améliorée si les délais de réentrée pouvaient être plus flexibles dans certaines conditions. Certaines études ont mis en évidence des utilisations plus importantes de pesticides pour répondre aux exigences cosmétiques du marché alors que d'autres ont cherché à savoir pourquoi certains producteurs s'engageaient dans des démarches environnementales volontaires (en agriculture biologique et en agriculture raisonnée) pour réduire leur utilisation de pesticides. Ces dernières ont proposé une typologie des différentes DEV et en ont montré les grandes différences en termes de ressort et d'exigences. Un autre article a conclu, après avoir comparé trois régions de vergers d'Italie ayant mis en place un programme de réduction des pesticides, que la concertation organisationnelle était plus efficace que la solidarité spontanée, la compétition dispersée ou la coordination hiérarchique d'États considérées respectivement comme inefficaces, injustes et rigides. La concertation organisationnelle, qui repose sur une responsabilisation des acteurs, est aussi un système plus économique, permettant d'atteindre une cible plus large, et plus efficace.

3.1.3 La mobilisation des salariés

Plusieurs articles de sciences sociales portaient sur la mobilisation de salariés contre l'utilisation des pesticides, dans des conditions ne permettant pas de limiter l'exposition des ouvriers, dans les exploitations fruitières aux États-Unis et en Amérique latine. Les plus anciennes mobilisations de salariés documentées sont celles d'applicateurs de pesticides travaillant dans les bananeraies de

l'entreprise *United Fruit Company* au Costa Rica qui devaient utiliser des pulvérisateurs à dos pour traiter la « *sigatoka disease* » entre 1938 à 1968. Il a été démontré que la participation de ces travailleurs aux différentes grèves renforça significativement les mobilisations ouvrières dans les bananeraies, et contribua aussi à diminuer quelque peu l'utilisation des pesticides. D'autres mobilisations importantes, dont celle des travailleurs migrants d'Amérique latine en Californie à la fin des années 1960 et au début des années 1970, ont été initiées sous le thème de l'exposition aux pesticides et de ses conséquences sanitaires pour les travailleurs dans la culture des raisins de table et des vergers. Les mobilisations documentées sont survenues après deux décennies de développement de l'utilisation massive de pesticides dans l'agriculture californienne, l'arboriculture en particulier, et auxquels des dizaines de milliers de travailleurs migrants hispaniques pour beaucoup ont été exposés. Cependant, les effets sur leur santé sont restés très largement invisibles pendant cette période, malgré des accidents importants connus des autorités. Les modèles de la médecine du travail moderne et des facteurs culturels ont contribué à rendre invisibles les problèmes d'empoisonnements aux pesticides. Pendant près de soixante-dix ans, le ministère de l'Agriculture a été seul en charge de la réglementation sur les pesticides en Californie et ce sans posséder d'expertise en santé publique ou en médecine. Par ailleurs, la médecine de l'époque se focalisait sur l'individu sans considérer son environnement et les experts en santé au travail maîtrisaient mal ce sujet multifactoriel. Ce n'est que vers la fin des années 1960 que le problème de l'exposition des travailleurs est devenu visible publiquement, grâce au syndicat des travailleurs, et que des réglementations spécifiques ont été adoptées. Depuis, d'autres mobilisations de salariés agricoles migrants latinos visant l'exposition professionnelle aux pesticides ont eu lieu dans d'autres États américains et ont pu être étudiées.

Parmi les autres grandes mobilisations, il est important de discuter de celles qui ont conduit des dizaines de milliers d'ouvriers agricoles, exposés au DBCP (1,2-Dibromo-3-chloropropane), un nématicide utilisé dans des bananeraies de différents pays d'Amérique latine et d'Afrique de l'Ouest, à engager des actions en justice contre les multinationales américaines (Dow et Shell) qui ont continué à fabriquer et à commercialiser à l'étranger ces produits malgré leur interdiction aux États-Unis. La visibilité de ces actions en justice, leur nombre important, la durée de ces mobilisations ont attiré l'attention de chercheurs en sciences sociales mais aussi en santé publique qui ont mis en lumière le travail réalisé par les deux multinationales auprès des agences de régulation américaines pour qu'elles puissent continuer à exporter leurs produits malgré les risques connus, notamment sur la fertilité masculine et les restrictions d'usages appliquées aux États-Unis. Plusieurs articles traitent des stratégies utilisées par les multinationales, le plus souvent avec succès, pour faire avorter les actions en justice des travailleurs agricoles touchés par les problèmes sanitaires découlant de l'exposition aux DBCP.

3.1.4 La réglementation publique

Les mobilisations des salariés migrants mexicains et latinos et le soutien des ONG ont contribué au développement de législations visant à protéger la santé des travailleurs agricoles exposés aux pesticides aux États-Unis depuis les années 1970. Ces législations, qui varient selon les États, portent principalement sur les aspects suivants : les délais de réentrée ; l'obligation d'informer précisément les travailleurs sur les produits avec lesquels les cultures ont été traitées ; la formation des travailleurs sur les risques d'exposition et les mesures préventives ; la fourniture de matériel de protection ; des dispositifs pour limiter les épandages quand les travailleurs sont dans les champs/vergers/plantations proches, etc. Certains auteurs montrent cependant que les ouvriers agricoles bénéficient d'un droit moins protecteur que les ouvriers des industries parce qu'une série de dispositions les exclut de la surveillance de l'*Occupational Safety and Health Organisation* (OSHA) et des réglementations qui en dépendent pour les placer sous d'autres juridictions, dont celle de l'*Environmental Protection Agency* (EPA) qui n'a pas les mêmes compétences en matière de protection des ouvriers. Par ailleurs, les dispositifs réglementaires sont associés à de multiples systèmes d'exemption et ne sont pas toujours mis en œuvre en raison d'un manque de moyens de la part de certains États.

3.1.5 Standards privés

Certaines références de sciences sociales interrogent le rôle des standards privés visant à garantir certains niveaux de qualité, notamment en termes de résidus de pesticides sur les fruits, dans la protection des ouvriers. Dans certains pays comme le Chili, l'effort pour atteindre les standards sévères de qualité pour l'exportation de fruits et légumes frais a conduit à un usage intensif de pesticides avec des conséquences sur la santé des travailleurs agricoles, particulièrement des femmes. Certains auteurs pensent au contraire que des standards de responsabilité sociale amélioreraient la condition des travailleurs. En effet, certains de ces standards prennent en compte les conditions des travailleurs. Cependant, parce qu'ils se focalisent sur les préparateurs et les applicateurs de pesticides, ceux-ci ont bénéficié principalement aux travailleurs permanents masculins qui réalisent ces tâches. Par contre, les critères ont négligé les contaminations par dérive de produits ou par des réentrées en champ trop précoces ou par traitement après récolte. Le fait que les récoltes et le conditionnement soient essentiellement assurés par des travailleurs temporaires chez lesquels se rencontrent la majorité des travailleurs femmes rend celles-ci particulièrement exposées. Dans la culture de la banane au Honduras, l'adoption et la mise en place de standards environnementaux privés visant à limiter la pollution par les pesticides auraient procuré des bénéfices réels mais limités pour les travailleurs en matière de protection et de réduction de l'exposition. Ces bénéfices se traduisent notamment par le développement d'infrastructures pour l'hygiène et la mise à disposition de matériel de protection et de procédures qui, d'après les usagers, limiteraient un peu les expositions. Ces standards offrent aussi parfois des leviers aux syndicats de travailleurs qui les utilisent pour refuser d'effectuer certaines tâches dangereuses. Par ailleurs, comme ces standards s'appuient souvent sur les réglementations publiques existantes, leurs niveaux de contraintes sont souvent dépendants de celles-ci.

3.1.6 Mise en œuvre des réglementations, connaissances et perception des risques

De nombreuses références en science sociale questionnent la mise en œuvre des réglementations, connaissances et perception des risques. Ces travaux portent essentiellement sur des populations extrêmement vulnérables d'ouvriers agricoles migrants aux États-Unis. Ils montrent une faible mise en œuvre des réglementations visant à limiter les expositions et particulièrement en matière de formation, de protection et d'hygiène. Les études disponibles montrent aussi des niveaux de conscience très variables en matière de risque. Souvent, les travailleurs minimisent les risques par manque de connaissances et en raison de fausses croyances, ce qui peut parfois favoriser des expositions plus importantes. Certaines mauvaises pratiques, comme le refus de porter des EPI, peuvent souvent être associées à une volonté d'accroître son rendement horaire, en particulier quand la rémunération se fait à la tâche. Les activités de formation ne sont pas toujours un gage de sécurité. En effet, le niveau d'éducation des travailleurs, l'(in)adaptation de la formation à leurs caractéristiques sociales et les contraintes linguistiques sont des facteurs qui influencent la portée et l'efficacité de la formation.

En conclusion, bien que les situations traitées dans les références retenues dans cette revue de littérature en sciences économiques, humaines et sociales soient *a priori* très différentes des situations françaises, les questions posées ainsi que les résultats obtenus peuvent servir à orienter des thématiques de recherche pour la situation française ou le développement de politiques publiques. Six points paraissent particulièrement intéressants :

1. Le contenu des réglementations publiques pourrait s'inspirer des réglementations états-uniennes souvent plus anciennes et complètes en matière de délais de réentrée, de mesures d'hygiène, de mise à disposition des EPI, de formation des ouvriers en réentrée et de connaissances sur les caractéristiques des pesticides. Les approches de détermination de délais de réentrée mériteraient aussi d'être investiguées pour comprendre les différences selon les réglementations. Les différences observées entre le secteur industriel et le secteur agricole en matière de réglementation sur la protection des travailleurs vis-à-vis des substances chimiques toxiques suscitent aussi beaucoup d'intérêt car elles peuvent

a priori expliquer un niveau de protection moins important pour les travailleurs des secteurs agricoles.

2. Toutes les études montrent des difficultés ou l'absence de mise en œuvre des réglementations. Il apparaît important de mieux objectiver et de réfléchir à des dispositifs permettant d'améliorer la mise en œuvre des réglementations en France afin d'assurer une meilleure protection des travailleurs, en particulier des travailleurs de la réentrée qui semblent les moins protégés.
3. Les travaux montrent que la vulnérabilité sociale est un facteur qui favorise l'exposition. Comme le secteur de l'arboriculture fruitière en France est un gros consommateur de main-d'œuvre saisonnière ayant recours à du salariat migrant temporaire, il serait intéressant de réaliser certains travaux pour vérifier les conclusions d'une étude qui rapporte que le salariat migrant temporaire en arboriculture et en maraîchage en France a un statut dégradé qui contribue à augmenter l'exposition aux pesticides.
4. Comme la structure de l'arboriculture française repose aussi sur de nombreuses petites exploitations de monoculture, il serait intéressant d'entreprendre des travaux sur l'exposition des exploitants et des membres de leur famille qui travaillent sur des exploitations.
5. Les standards privés apparaissent dans les travaux comme pouvant éventuellement être un facteur de limitation ou d'augmentation des expositions ou de différenciation de niveaux de protection entre différents types de travailleurs. La prolifération de ces standards dans l'arboriculture française mériterait d'être investiguée sous l'angle de la protection des travailleurs vis-à-vis des pesticides.
6. Malgré l'affaire du chlordécone qui a généré des programmes de recherche importants dans les Antilles françaises, les sciences économiques, humaines et sociales françaises ne semblent pas s'être emparées de la question du travail dans les bananeraies et de ses relations à l'exposition aux pesticides. Considérant la forte utilisation de pesticides dans la culture des bananes, des efforts supplémentaires devraient être consacrés à ce domaine de production.

4 Enseignements pour les situations françaises

4.1 Peu d'information sur les expositions en arboriculture en France

- Il ressort des travaux menés dans le cadre de cette étude de cas qu'il existe actuellement très peu de données sur l'exposition aux pesticides des personnes travaillant en arboriculture en France. Cette absence est encore plus criante concernant les expositions associées à la réentrée. Des études de terrain spécifiques seraient pourtant nécessaires pour mieux comprendre les déterminants de l'exposition et concevoir des mesures préventives efficaces.
- Les statistiques agricoles disponibles contiennent cependant quelques données qui font ressortir l'importance des situations potentielles d'exposition et les productions pour lesquelles les nombres de traitements sont particulièrement élevés (par exemple 35 traitements en moyenne pour la production de pommes). Ces données ne remplacent pas des mesures des expositions effectives mais elles permettent de repérer des productions et des opérations techniques potentiellement génératrices d'exposition. Il paraît nécessaire de prévoir la valorisation de ces bases de données dans cette perspective, notamment (mais pas exclusivement) en ce qui concerne la réentrée (volume 5).
- Plusieurs propositions techniques ont été faites au cours des dernières années pour stimuler la réduction de l'usage des pesticides en arboriculture. Les résultats de l'enquête sur les traitements phytopharmaceutiques en production fruitière (Agreste 2014) montrent que leur impact reste limité. Plusieurs raisons sont mises en avant pour expliquer cela : les exigences du marché (productivité, qualité esthétique des fruits, les contraintes de conservation après récolte), la taille croissante des unités de productions et les dynamiques de population de ravageurs qui y sont associées… Un travail important est donc à engager par les filières elles-mêmes pour mettre en place les conditions d'une utilisation moindre de produits – par exemple en repensant les exigences sur l'aspect cosmétique et de durée de conservation des fruits de façon à diminuer ou supprimer l'utilisation de certains produits. Des politiques d'incitation spécifiques pourraient être mises en place avec cet objectif.

4.2 La question des expositions liées à la réentrée paraît très sous-estimée en France

- La fixation de délais de réentrée est considérée dans certains pays comme un point clé de la réduction des expositions potentiellement importantes en réentrée. Nous n'avons identifié aucune publication qui présente des résultats d'études visant à évaluer le niveau de sécurité des délais de réentrée tels qu'ils sont prescrits en France.
- Pour fixer ces délais, l'approche française ne tient compte que de certaines caractéristiques toxicologiques des produits. Analysées du point de vue des méthodes utilisées en Amérique du Nord, une telle approche, qui ne tient pas compte de l'ensemble des informations disponibles sur les risques sanitaires des pesticides, ne saurait assurer la sécurité des travailleurs. Aux États-Unis et au Canada, le processus de détermination des délais de réentrée repose en effet sur une approche d'évaluation des risques qui tient compte des effets potentiels aigus et chroniques des pesticides. Par ailleurs, de nombreuses études de terrains y ont été réalisées afin de générer des coefficients de transferts assez réalistes pour de nombreuses situations d'exposition. L'approche nord-américaine paraît susceptible de produire des estimations plus réalistes. Pour de nombreux produits, il en résulte des délais de réentrée bien supérieurs à ceux proposés en France. La mise en perspective de l'approche retenue en France pour la détermination de délais de

réentrée à la lumière de ce qui se fait outre-Atlantique invite ainsi à envisager de nouvelles façons de concevoir la démarche de fixation des délais de réentrée.

- Dans le cadre de cette expertise, le GT a constaté que la formation et le conseil ne contribuent pas suffisamment à la prévention des expositions. Ce constat est renforcé pour les tâches de réentrée qui ne sont que rarement perçues – et présentées- comme exposantes. La formation initiale et continue des personnes travaillant en agriculture et des conseillers, devraient comprendre des modules spécifiques sur cette question, objectivant l'importance de l'exposition dans les tâches de réentrée et proposant de possibles moyens de protection – notamment des itinéraires techniques qui réduiraient l'usage des pesticides et espaceraient le plus possible les tâches de réentrée des traitements.
- Cette question de la réentrée devrait également faire l'objet d'une attention spécifique dans les débats sur le port d'équipements de protection individuelle. Bien qu'il soit préférable de limiter les risques d'exposition à la source, le port d'un équipement de protection individuelle est l'un des moyens le plus souvent envisagé pour réduire les risques en cas d'usage de pesticide. Cependant, dans le cas des travailleurs de la réentrée, il n'existe pas vraiment d'EPI adaptés aux situations de travail les plus souvent rencontrées. Ainsi le port de gants appropriés peut être protecteur pour les tâches de réentrée, mais les gants disponibles sont souvent peu adaptés et généralement peu ou pas portés – notamment parce que, pour certaines tâches demandant précision et dextérité, le port de gants pouvant rendre le travail plus difficile et beaucoup moins rapide. De même il est fréquent lors de la réentrée que les travailleurs soient confrontés à des conditions météorologiques qui rendent très pénible le port d'un EPI (chaleur).
  Ce faisant, souvent ces travailleurs utilisent leurs vêtements domestiques pour travailler. Or même lorsqu'il d'agit de bleus de travail, ces vêtements ne répondent pas aux exigences fixées par la directive européenne sur les EPI et ne peuvent prétendre fournir une protection équivalente. De plus, ces vêtements domestiques, s'ils sont ensuite utilisés comme vêtements ordinaires peuvent véhiculer les pesticides qui y sont déposés et être source de contamination dans divers espaces (véhicules, sphère domestique…).

5 Références bibliographiques

5.1 Publications

Agreste. 2014. *Enquête Pratiques phytosanitaires en arboriculture en 2012.* Agreste. Les dossiers

Agreste. 2013. *Structure des exploitations fruitières et légumières. Evolutions entre les recensements agricoles de 2000 et 2010*. Agreste. Les dossiers.

Anon. « Arboriculture | ANEFA ». Consulté le 23 janvier 2014. http://anefa.org/filière-6/arboriculture

Butault J.P., et al. . 2010 – *Synthèse du rapport d'étude « Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides »* - Ecophyto R&D

Gousseau, A.. « Filière arboricole ». Rapport d'information n° 437 Sénat, 2006. http://www.senat.fr/rap/r05-437/r05-437_mono.html

Zavagli (2012). Eléments présentés à l'occasion d'une audition par le GT « Expositions professionnelles aux pesticides en agriculture » le 20 septembre 2012.

5.2 Législation et réglementation

Directive 92/18/CEE de la Commission du 20 mars 1992 modifiant l'annexe de la directive 81/852/CEE du Conseil relative au rapprochement des législations des États membres concernant les normes et protocoles analytiques, toxico-pharmacologiques et cliniques en matière d'essais de médicaments vétérinaires

Directive 98/8/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides

Règlement (UE) no 528/2012 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2012 concernant la mise à disposition sur le marché et l'utilisation des produits biocides

Annexe 1 : Revue de littérature internationale en métrologie et épidémiologie

Cette partie a été rédigée par Mlle Paola Villaverde et Mme Isabelle Baldi, Laboratoire Santé Travail Environnement, Centre INSERM U 897, Université Bordeaux Segalen, et a bénéficié pour la lecture des articles de la collaboration de Aurélie Berthet, Pierre Lebailly, Onil Samuel, Johan Spinosi, Anita Vigouroux-Villard, Ohri Yamada.

1 Contexte

Compte tenu de la diversité des travaux qu'ils ont à réaliser tout au long de l'année et dans les différentes cultures/élevages qu'ils mènent, les circonstances d'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides sont multiples et diverses. Ainsi, au-delà de la manipulation des herbicides, fongicides et insecticides pour la réalisation de traitements sur les cultures et sur les animaux, les expositions à ces substances peuvent survenir à d'autres moments de leur activité tels que l'achat, le transport, le stockage des produits pesticides, l'élimination des emballages, ainsi que le contact avec les végétaux/animaux précédemment traités. En effet, les produits présents dans les locaux, sur le matériel et sur les emballages, appliqués sur la peau des animaux ou sur les branches, feuilles, fruits ou sol, persistent plusieurs heures, jours ou semaines (une rémanence dépendant des matières actives, mais fréquemment associée à l'efficacité même du traitement).

Ainsi, toute tâche impliquant un contact avec ces supports ou un relargage dans l'air est susceptible d'engendrer un transfert de la substance vers la peau du travailleur, ou vers ses voies aériennes. Ces phases de contact « indirect » existent *a priori* dans tous les secteurs agricoles : utilisation de tracteurs ayant servi aux traitements, manipulation des animaux pour la tonte, les soins vétérinaires, passages dans les cultures pour l'irrigation, le contrôle des végétaux et des nuisances, le ramassage ou la cueillette…

La conduite des cultures pérennes telles que la vigne ou l'arboriculture comprend un nombre particulièrement important d'interventions sur le végétal, sur une période relativement longue de l'année. Il s'agit notamment de favoriser le bon développement de la plante en la guidant/l'attachant sur des supports, de supprimer le végétal non productif, de sélectionner les rameaux et/ou les fruits, de vérifier et comptabiliser les attaques de nuisibles et de maladies, de procéder à la cueillette. Très souvent, ces tâches sont réalisées manuellement et impliquent, pour un certain nombre d'entre elles, un contact étroit avec le végétal peu de temps après des opérations de traitement. Elles sont couramment dénommées « tâches de réentrée ».

Pourtant, le plus souvent, les études ayant porté sur les risques sanitaires liés aux pesticides ont restreint l'estimation des expositions aux opérations de traitement des cultures. De la même manière, très peu d'études toxicologiques, ergonomiques ou socio-économiques, se sont intéressées aux expositions dans d'autres tâches que les traitements des cultures. Dans le cadre des procédures d'homologation des substances et des produits à usage agricole prévues par la réglementation européenne, les expositions des travailleurs ont été caractérisées sous forme de « scénarios » supposés correspondre à des circonstances relativement homogènes, auxquelles des niveaux d'exposition peuvent être attribués pour le calcul des doses reçues et l'estimation des risques. Les scénarios distinguent principalement les opérateurs dans les tâches de préparation et d'application (incluant de manière inconstante le nettoyage du matériel), les personnes amenées à réentrer dans les cultures après les traitements et les travailleurs présents dans les cultures sans avoir à intervenir sur celles-ci (bystanders). Un groupe de « résidents » a également été défini comme celui des personnes qui vivent ou travaillent à proximité d'une zone traitée. Pour les tâches de réentrée, les modélisations visant à prédire la contamination cutanée des travailleurs (German Model et EUROPOEM) prennent en compte la quantité de résidus présents sur les végétaux, la durée de la tâche de réentrée et un coefficient de transfert de la matière active du végétal vers la peau du travailleur.

2 Objectif

L'objectif de ce travail de synthèse bibliographique était d'identifier l'ensemble des données disponibles dans la littérature internationale concernant les expositions des travailleurs agricoles lors des opérations de réentrée en arboriculture.

3 Méthodes

3.1 Base de données

La recherche des références pertinentes a été réalisée à partir de la base documentaire PubMed de la National Library of Medicine qui rassemble des articles ayant suivi un processus de relecture par des pairs. Les articles pertinents ont été préalablement identifiés par des experts du GT (élaboration des algorithmes de recherche).

3.2 Mots-clés et recherche sur Pubmed

Il s'agissait de retenir les articles à partir des trois entrées suivantes : 1) le secteur arboricole, 2) la notion d'exposition, 3) la précision des tâches de réentrée (déclinaisons avec un grand nombre de termes plus précis tels que l'éclaircissage, la taille, la cueillette…). Le terme « pesticides » n'a pas été ajouté à l'algorithme en raison du faible nombre d'articles identifiés à partir des trois entrées précédentes, et de manière à ne pas omettre des articles qui n'auraient pas spécifié ce terme générique, en se concentrant sur une matière active spécifique par exemple. Différentes combinaisons des mots-clés ont été testées afin d'accroître la pertinence de la recherche.

L'algorithme final retenu était le suivant :

(orchard[Text Word] OR "fruit growing" or "fruit crop*" or "fruit tree*" or "tree fruit*" OR apple*[Text Word] OR malus[MeSH Terms] OR walnut*[Text Word] OR nut[Text Word] OR nuts[Text Word] OR juglans[MeSH Terms] OR plum*[Text Word] OR prunus[MeSH Terms] OR apricot*[Text Word] OR peach*[Text Word] OR cherry*[Text Word] OR cherries[Text Word] OR pear*[Text Word] OR pyrus[MeSH Terms] OR kiwi*[Text Word] OR actinidia[MeSH Terms] OR citrus[Text Word] OR citrus[MeSH Terms] OR orange*[Text Word] OR lemon*[Text Word] OR lime*[Text Word] OR citron*[Text Word] OR pomelo*[Text Word] OR grapefruit*[Text Word] OR mandarin*[Text] OR tangerine*[Text Word] OR clementine*[Text Word])AND (Occupational Exposure[MeSH Terms] OR Occupational Health[MeSH Terms] OR Occupational Medicine[MeSH Terms] OR Occupational Diseases[MeSH Terms] OR Agricultural workers' diseases[MeSH Terms] OR poisoning[MeSH] OR Occupation*[Text Word] OR exposure[Text Word] OR biomonitoring[Text Word] OR contamination[Text Word] OR measure*[Text Word]) AND (harvest*[Text Word] OR picking[Text Word] OR picker*[Text Word] OR pruning[Text Word] OR pruner*[Text Word] OR thinning[Text Word] OR thinner*[Text Word] OR trellis*[Text Word] OR tying[Text Word]) AND (reentry[Text Word] OR re-entry[Text Word] OR entry[Text Word] OR "re entry"[Text Word] OR reentering[Text Word])*

3.3 Critères de sélection

La recherche a été concentrée sur des critères précis afin de cibler les articles les plus pertinents. Ainsi, seules les études répondants aux critères suivants ont été retenues :

- Études disposant d'une estimation de l'exposition des travailleurs lors d'opérations de réentrée
- Études menées dans le secteur de l'arboriculture, quel que soit le type d'arbre
- Études publiées en français ou anglais
- Pas de restriction en ce qui concerne la date de publication des articles

Il n'y a donc pas eu de sélection *a priori* sur la qualité des études : celle-ci a été appréciée à la lecture intégrale de l'article sur la base de la grille de lecture critique. De la même manière, il n'y a pas eu de sélection *a priori* ni sur les méthodes utilisées pour la mesure de l'exposition, ni sur la représentativité des études vis-à-vis de l'agriculture française. L'appréciation de ces éléments était réalisée lors de la double lecture et confrontée entre les avis des deux lecteurs.

3.4 Extraction de l'information

Une grille de lecture critique a été élaborée pour une analyse standardisée des articles retenus (Annexe 1). Cette grille contenait diverses sections qui précisaient : 1) le contexte de réalisation de l'étude (réglementaire ou non), 2) l'objectif de l'étude, 3) le détail de la méthode employée (lieu, population étudiée, nature des pesticides, mesures cutanées/respiratoires réalisées, mesures dans les milieux (notamment résidus délogeables sur les végétaux), déterminants de l'exposition pris en compte (délai après traitement, type précis de tâches, caractéristiques de l'exploitation, de la culture, conditions météorologiques…), 4) les principaux résultats de l'étude, 5) les commentaires libres du lecteur en matière de limites de l'étude et en termes de représentativité vis-à-vis du contexte agricole français. La revue a procédé par le remplissage des grilles de lecture et la réalisation de tableaux de synthèse de la littérature documentant pour chaque article les éléments-clés. Les articles ont bénéficié d'une double relecture par 1) un expert du groupe, 2) une épidémiologiste recrutée pour cette tâche sur la Convention de recherche et développement (Mlle Paola Villaverde). Les divergences entre les deux lectures ont été relevées et un échange entre les deux lecteurs a abouti à un consensus permettant de résorber les différences.

4 Résultats

La requête a permis d'identifier 115 publications sur Pubmed. À la lecture des résumés, 73 articles ont été exclus de la revue pour les raisons suivantes :

- l'un (1) d'eux portait en réalité sur des tâches de traitement en arboriculture et non sur la réentrée ;
- trente-quatre (34) articles documentaient des niveaux de résidus sur les végétaux ou dans les milieux mais n'apportaient pas d'information sur les expositions des individus ;
- vingt (20) études portaient sur des problèmes ou sur des techniques agronomiques ;
- cinq (5) concernaient des expositions non agricoles ;
- cinq (5) concernaient des expositions agricoles en dehors de l'arboriculture ;
- Huit (8) articles décrivaient des méthodes analytiques ou des expérimentations toxicologiques.

Au total, 42 articles ont donc été sélectionnés à partir de la base Pubmed. Par ailleurs, les experts du GT ont proposé d'examiner 7 articles supplémentaires, susceptibles d'entrer dans le champ de notre revue. Un seul de ces articles a été ajouté à ceux précédemment retenus car il consistait en une étude de terrain pertinente. Les 6 autres ont permis de mieux documenter le contexte général mais ne remplissaient pas strictement nos critères de sélection. Parmi les 43 articles finalement pris en compte, le premier datait de 1973, et le plus récent de 2012.

Pratiquement toutes les publications ont été réalisées aux États-Unis. Seulement 4 provenaient d'Europe (1 au Royaume-Uni, 2 aux Pays-Bas et 1 en Grèce) et une du Chili. La Figure 2 présente le nombre d'articles en fonction de la date de publication. Les décennies 1970 et 1980 ont donné lieu au plus grand nombre de publications (respectivement 12 et 14) alors que l'effectif reste ensuite inférieur à 10 par décennie.

Le nombre d'études de terrain ayant produit des données d'exposition originales n'est que de 2 depuis les années 2000, alors qu'il était de 6 à 7 par décennie depuis les années 1970. Parmi ces études, à l'exception de deux publications néerlandaises et d'une étude menée au Chili, les 19 autres articles provenaient des États-Unis, pour moitié de Californie (N=9). Les autres études américaines avaient été menées dans l'État de Washington (N=6), en Floride (N=3), dans le New-Jersey (N=1) (Figure 3).

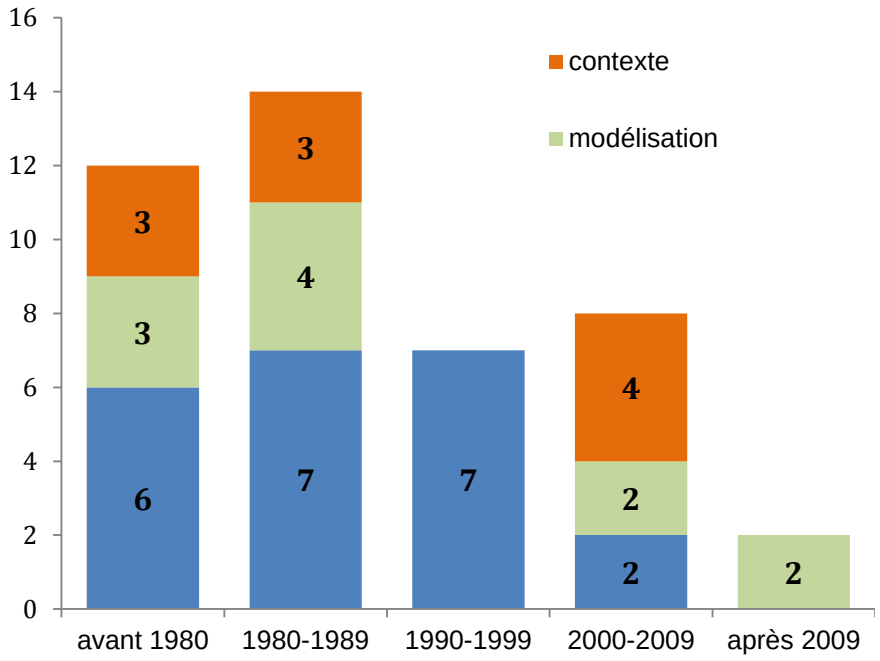


Figure 2 : Nombre de publications sur le réentrée en arboriculture en fonction des décennies

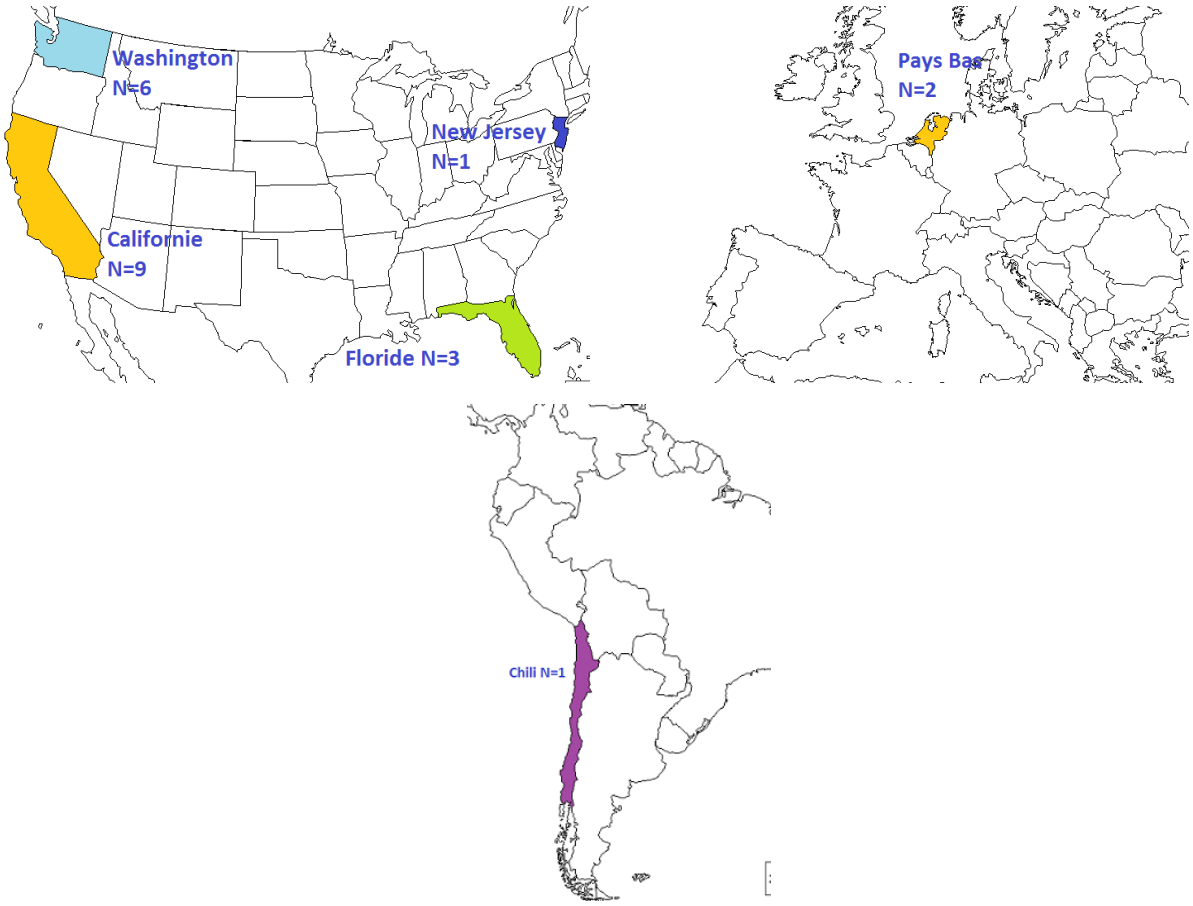


Figure 3 : Localisation des 22 études de terrain

Tableau 6 : Classement des 43 études retenues pour la synthèse sur l'exposition en réentrée en arboriculture

1. Études contextuelles N=10		2. Mesure d'exposition des travailleurs, études de terrain N=22			3. Développement de scores, algorithmes ou modèles N=11	
Synthèse, Considérations générales N=3	Conditions travail et sécurité Empoisonnements N=7	Contamination externe (+/- interne) N=14	Contamination interne N=6	Mesure d'effets N=2	Mesures de résidus, modélisation de la dissipation N=8	Comparaison de modèles, proposition scores… N=3
Carman 1976	Farquhar 2009	Davis 1982 et 1983	Duncan 1985	Marquez 2005	De Batista 1985	Beauvais 2010
Gunther 1977	Popendorf 1974 et 1980	De Cock 1998	Fenske 2003	Wicker 1979	Iwata 1982 et 1983	Cross 2012
Fenske 2005	Rosenberg 2001	Fenske 1989 et 1999	Kraus 1977 et 1981		Rashid 1987	Doran 2003
	Saunders 1987	Knaak 1978	Richard 1978		Serat 1973 et 1978	
	MMWR 1986	McCurdy 1994	Simcox 1999		Spencer 1975	
	Spencer 2006	Nigg 1984			Tsatsakis 2002	
		Popendorf 1979				
		Schneider 1994				
		Spencer 1995				
		Stamper 1986				
		Tielemans 1999				
		Wolfe 1975				

4.1 Données Contextuelles

Les premières préoccupations concernant l'exposition des travailleurs lors de la réentrée dans les vergers sont antérieures aux publications scientifiques disponibles dans les bases de données en ligne. Plusieurs articles scientifiques retracent cependant l'origine des questionnements (Carman 1976 ; Gunther 1977).

Même si des troubles étaient déjà rapportés de longue date chez des travailleurs au contact de cultures traitées par du soufre (irritations oculaires), c'est à partir des années 1950, lorsque les organophosphorés ont été mis sur le marché, que les signalements d'intoxication se sont multipliés, notamment dans des exploitations arboricoles aux États-Unis et plus particulièrement dans des vergers d'agrumes en Californie. En effet, l'exposition aux organophosphorés, tels que le parathion, est susceptible d'entraîner des troubles de santé à court terme, aisément identifiables. Les travailleurs impliqués dans des opérations de taille ou de cueillette manifestaient de manière collective des symptômes évocateurs d'effets cholinestérasiques (nausées, vomissements, maux de tête…). Des épisodes comparables sont survenus également en Californie dans des vignobles. Il a été estimé qu'entre 1949 et 1974, 26 épisodes d'intoxications collectives par des organophosphorés sont survenus aux États-Unis chez des travailleurs agricoles, dont plus des deux tiers se sont produits dans la culture des agrumes (Kraus 1981). Le Tableau 7 décrit les principales caractéristiques des épisodes survenus en Californie. Malgré des mesures de prévention, telles que l'introduction de délais avant récolte, les épisodes se sont ainsi répétés au fil des années, n'impliquant plus seulement le parathion mais aussi l'azinphos-méthyl, le dioxathion, le malathion…

C'est dans ce contexte que des études de terrain se sont mises en place dans les années soixante-dix et quatre-vingt afin de mieux préciser l'hypothèse de « résidus » de pesticides présents sur les végétaux, leur rôle dans les expositions et les troubles ressentis par les travailleurs, et afin de préciser les déterminants impliqués dans la survenue des intoxications (voir paragraphe 3.2.). Dès les années 1970, certains chercheurs soulignaient l'importance de connaître les pratiques agricoles et les conditions de travail pour mieux comprendre et contrôler le problème de l'exposition pendant la réentrée. Certains travaux ont tenté de mettre en lumière les principaux déterminants par l'observation de journées de récolte dans les cultures d'orangers, de pêchers, et de vigne (Popendorf 1974), en réalisant des mesures d'aérosols dans les champs au moment des récoltes. Ils ont permis peu à peu d'affiner le concept de « résidu délogeable », à l'origine de la contamination respiratoire et surtout cutanée des travailleurs, et de le généraliser à l'ensemble des pesticides et non aux seuls organophosphorés (Popendorf 1980). L'étude de ceux-ci a été rendue possible par des prélèvements foliaires réalisés lors des phases de réentrée.

Tableau 7 : Épisodes d'intoxications chez des travailleurs agricoles californiens lors de réentrée entre 1949 et 1976 (d'après Gunther 1977)

Lieu	Date	Culture	Tâche	Pesticide	Délai	Nombre personnes
Californie	1959	Agrumes	Cueillette	Parathion	ND	275
Madera	sept-76	Vignes	Cueillette	Dialifos & phosalone & ethion & methomyl & dimethoate	ND	115
Hughson	août-63	Pêches	Cueillette	Parathion	14-38	94
McFarland	sept-70	Oranges	Cueillette	Dioxathion & parathion	120 & 34	35
Fowler	août-73	Vignes	Cueillette	Ethion & phosalone & phosmet & dialifos & carbophenothion & naled	40 à 60 (7 naled)	12 à 30
Marysville	juil-49	Poires	Cueillette	Parathion	12	20-25
Hughson	août-67	Pêches	Cueillette	Azinphos methyl & ethion & TEPP	ND & 38-47	22
Lindsay	mai-68	Oranges	Cueillette	Parathion	22	19
Delano	juin-51	Vignes	Éclaircissage	Parathion	33	16
Lemoncove	juin-75	Oranges	Cueillette	Parathion	14	3 à 15
Corona	mai-73	Oranges	Cueillette	Bonamite	52	13
Riverside	août-52	Oranges	Cueillette	Parathion	16-19	11
Orosi	oct-70	Oranges	Cueillette	Parathion & Malathion	ND & 31	11
Terra Bella	juin-66	Oranges	Cueillette	Parathion	15	8
Terra Bella	mai-70	Oranges	Cueillette	Ethion & azinphos methyl	ND & 11 à 14	8
Riverside	juil-53	Oranges	Cueillette	Parathion	17	7
Porterville	juil-66	Oranges	Cueillette	Parathion	32	6
Tulare County	août-71	Olives	Taille	Parathion	30	6
Kerman	sept-74	Vignes	Cueillette	Phosalone & azinphos methyl	64 & 25	2 à 5
Lindsay	juil-66	Oranges	Cueillette	Parathion	15	3
Porterville	mai-72	Oranges	Cueillette	Parathion	21	3
Exeter	juin-72	Oranges	Cueillette	Parathion	0	2
Huron	sept-72	Laitues	Désherbage	Parathion & methamidophos	0 & 0	2
Richgrove	juil-74	Oranges	Cueillette	Parathion & Malathion	3 & ND	2
Highland	mai-51	Agrumes	Culture	Parathion	8	1
Porterville	mai-70	Citrons	Taille	Dioxathion & naled	ND & 1	1
Navelencia	août-66	Oranges	Cueillette	Parathion & Malathion	28	ND
Terra Bella	août-66	Oranges	Cueillette	Parathion & ethion	ND & 46	ND
					TOTAL	**~650**

Dans les suites des travaux de Popendorf, quelques rares études ont documenté les conditions de travail, les mesures de sécurité et de prévention dans des populations de travailleurs agricoles pratiquant des tâches de réentrée en arboriculture. C'est le cas de l'étude menée en Oregon en 2009 (Farquhar 2009) qui mettait en évidence des disparités de tâches et d'exposition en fonction des caractéristiques socio-démographiques des travailleurs. L'étude de cas de Rosenberg en 2001 montrait par ailleurs l'intrication des facteurs sociologiques, économiques et agronomiques dans l'exposition des travailleurs en réentrée, au travers des conséquences du retrait d'un régulateur de croissance suspecté d'être cancérogène (Rosenberg 2001).

Malgré l'avancée des recherches et des réflexions et les mesures réglementaires adoptées, les épisodes d'intoxications se sont répétés pour des molécules mises sur le marché après les organophosphorés. Ainsi, un épisode épidémique de dermatose sévère a été observé en 1986 chez 114 cueilleurs d'oranges en Californie, et a été mis en relation avec des résidus de propargite, un acaricide largement utilisé en viticulture et sur les orangers (Duncan Sanders 1987 ; MMWR 1986). Toujours en Californie, un recensement des cas d'intoxications par les pyréthrinoïdes sur la période 1996-2002 met en évidence deux épisodes collectifs impliquant au total 55 cueilleurs d'orange, et 6 cas isolés. Ils mettaient plus particulièrement en cause la cyfluthrine dans la survenue d'irritation respiratoire. Les auteurs mentionnaient les incertitudes concernant la dynamique de dissipation des résidus de pyréthrinoïdes mais précisaient que des mesures de terrain sur quelques individus avaient mis en évidence des teneurs dans l'air inhalé relativement élevées (Spencer 2006).

L'existence de risques pour la santé des travailleurs en présence de résidus sur les végétaux a par ailleurs suscité des interrogations concernant l'impact potentiel de la présence de résidus dans l'alimentation ou encore à proximité de zones traitées, plus particulièrement pour les enfants (Fenske 2005).

4.2 Documentation des expositions des travailleurs à partir d'études de terrain

Vingt-deux (22) études de terrain documentant les expositions de travailleurs lors de la réentrée en arboriculture ont été identifiées par notre recherche bibliographique. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le Tableau 8.

4.2.1 Mode de recueil

Quatorze (14) études comprenaient une mesure de la contamination externe, principalement par voie cutanée (patches ou combinaison, gants ou lavage de mains) associée, dans 5 études, à une mesure de la contamination respiratoire et s'accompagnant, dans 8 études, de mesures de contamination interne. Les 8 autres études reposaient sur la seule estimation de la contamination interne, soit par la mesure de la matière active et/ou de ses métabolites dans les fluides biologiques (principalement les urines) (6 études), soit par l'appréciation isolée de marqueurs d'effets : dommages cytogénétiques ou activité de l'acétylcholinestérase. Dans la plupart de ces études, une mesure des résidus foliaires délogeables était menée afin d'apprécier leur corrélation avec la mesure de l'exposition du travailleur.

4.2.2 Populations étudiées et contextes agricoles

Les études documentant la contamination externe portaient généralement sur moins de 20 travailleurs mais les deux études néerlandaises comptaient respectivement 138 et 102 travailleurs. Les études concernant la contamination interne comptaient chacune une vingtaine de travailleurs à l'exception de l'étude de Doran en Floride qui incluaient 611 cueilleurs d'agrumes, chez lesquels seuls des prélèvements urinaires avaient été réalisés.

Les arbres les plus souvent étudiés étaient les pêchers (N=8), les pommiers (N=7, associés aux poiriers dans une étude), et les agrumes (N=5, dont 3 plus spécifiquement sur des orangers). Dans deux études, le type précis d'arbres n'était pas documenté.

Les tâches observées étaient, de manière à peu près équivalente, l'éclaircissage et la récolte auxquels s'ajoutaient, dans certaines études, le pliage, l'arrosage, la taille, le conditionnement des fruits.

4.2.3 Pesticides étudiés

La plupart des études ont concerné des insecticides (N=18), et presque exclusivement les organophosphorés (N=16), parmi lesquels l'azinphos-méthyl ou guthion était le plus représenté (N=9), devant la phosalone (N=3) et le parathion (N=4). Deux études menées en Floride portaient sur le chlorobenzilate. Sur les 4 études ayant considéré des fongicides, 3 portaient sur le captane (deux aux Pays-Bas, la troisième dans l'État de Washington) et la quatrième ne précisait pas les matières actives. L'étude chilienne répertoriait un mélange de pesticides utilisés au cours de la saison, parmi lesquels des insecticides, des fongicides et des herbicides.

Tableau 8 : Principales caractéristiques des études ayant produit des données originales concernant les expositions des travailleurs lors des phases de réentrée en arboriculture

Auteur/ Pays/ Année	Taille d'échantillon/sexe/âge	Secteur agricole/tâches	Type de pesticide/ Matière Active/Dose par hectare	Jour des prélèvements/ Période de l'étude	Nombre d'exploitations/ surface	Type de prélèvements	Déterminants de l'exposition (paramètres)
Études comportant des données de contamination externe cutanée et/ou respiratoires							
Davis JE USA, Washington 1982	3 hommes et 7 femmes Âge NP	Pommiers Éclaircissage	Insecticides : OP Phosalone poudre 2,5% 6,8 kg Acide succinique poudre 85 %, 2,3 kg, Dose de 1875 l/ha	NP	NP	Cutanée : Patches, gants coton ou nylon (seulement femmes) Respiratoire : Pompe + filtre en polyuréthane Environnement : Résidus foliaires	Délai depuis dernier traitement : 24h *vs* 48h Sexe Type de pommiers (Red *vs* Golden) Zones du corps
Davis JE, USA Washington 1983	Population non précisée	Pommiers Éclaircissage	Insecticide OP Azinphos-méthyl/ 1,1 kg/hectare	NP	NP	Cutanée : Patches sur/sous les vêtements, gants coton et nylon. Lavage de mains. Respiratoire : Pompe + Filtres en polyuréthane Environnement : Résidus Foliaires	Délai depuis le dernier traitement Gants coton *vs* gants nylon *vs* rinçage Zone du corps
De Cock J[*, #] Pays-Bas 1998	138 travailleurs Sexe NP Âge moyen: 1990 : 43,2 1991 : 38 1992 : 31,6	Différents fruits Éclaircissage, pliage, taille, récolte et exposition résidentielle	Captane	Juin à septembre Tâches de réentrée	NP	Cutanée : Patches, lavage de mains Respiratoire : Pompe portable Environnement : Résidus foliaires	Comparaison entre : Tâches d'application *vs* celles de la réentrée Utilisation cabine *vs* sans cabine
Fenske RA, USA New Jersey 1989	8 travailleurs sexe, âge : NP	Pêchers Récolte	Fongicides Captane 4,45 kg/hectare	Juillet août 1988	NP	Cutanée : Gants 100 % coton et lavage de mains. Environnement : Résidus foliaires	Délai depuis le dernier traitement après 0,5 h, 1 h, 1,5 h, 3 h Hauteur de la récolte Mois du travail : juillet, août

Auteur/ Pays/ Année	Taille d'échantillon/sexe/âge	Secteur agricole/tâches	Type de pesticide/ Matière Active/Dose par hectare	Jour des prélèvements/ Période de l'étude	Nombre d'exploitations/ surface	Type de prélèvements	Déterminants de l'exposition (paramètres)
Fenske RA USA Washington 1999	6 à 8 hommes selon jour d'étude Âge NP	Pommiers Éclaircissage	Insecticide OP Guthion Poudre 50 % 2,2 kg/ha	Juin	1 exploitation Critères de sélection précisés (taille, langue, utilisation habituelle OP)	Cutanée : Gants de coton, lavage des mains et essuyage des mains Environnement : Résidus foliaires	Délai depuis le dernier traitement Gants *vs* lavage des mains et essuyage
Knaak JB USA, Californie 1978	14 hommes 18-72 ans	Orangers Taille, élagage	Insecticide OP Phosalone 2 traitements 6,7 kg/ha	J14 et J21 Mois de septembre	1 exploitation 12 acres	Cutanée: Patches sur les vêtements (chambray, coton et polyester). Environnement: Résidus foliaires Biologique : Urine : métabolites de phosalone et ses oxons Sang : Cholinestérases érythrocytaires et plasmatiques	Délai depuis dernier traitement Zones du corps : épaules, poitrine, dos et cuisses Type des patches : jersey, chambray, coton et polyester et prélavage
McCurdy SA, USA, Californie 1989	20 hommes Âge moyen 28,5 ans	Pêchers Éclaircissage, récolte, étayage, arrosage	Insecticides OP Azinphos-méthyl 2,2 kg/ha	Juin à septembre	4 exploitations 19 hectares	Cutanée : combinaison : vêtements + sous-vêtements, Lavage de mains. Essuyage visage/mains Environnement : Résidus foliaires Biologique : Urines : métabolites	Délai depuis le dernier traitement Tâches Autres : Lingettes *vs* lavage
Nigg 1984 USA, Floride	20 travailleurs, âge et sexe NP	Orangers Récolte	Insecticide OC Chlorobenzilate 2,8 kg/ha	Avril 20, 21, 22, 23 et 26	NP	Cutanée : Patches et lavage de mains Environnement : Résidus foliaires et fruits Biologique : Urines : métabolites	Parties du corps Résidus : feuillage *vs* fruits

Auteur/ Pays/ Année	Taille d'échantillon/sexe/âge	Secteur agricole/tâches	Type de pesticide/ Matière Active/Dose par hectare	Jour des prélèvements/ Période de l'étude	Nombre d'exploitations/ surface	Type de prélèvements	Déterminants de l'exposition (paramètres)
Popendorf WJ, USA 1979	12 travailleurs et 6 non exposés Sexe et âge NP	Pêchers Récolte	Insecticide OP Phosalone Poudre (lb ingrédient actif Acre-gallons d'eau) 1ère j : 4,5 kg et 113l/ha 2e j : 4,5 kg et 1419l/ha 3e j : 5,6 kg et 757 l/ha 4e j : 4,5 kg et 946 l/ha	Août 1976- 1977	5 exploitations de 8 à 24 acres, décrites en détail	Cutanée : Patches et gants nylon. Respiratoire : Pompe + filtres. Environnement : Résidus foliaires. Biologique : Sang enzymes RBC et ChE	Zone du corps Délai depuis le dernier traitement
Schneider F, USA, Californie 1994	Effectif NP hommes hispaniques (exposés) + hommes et femmes (non exposés) Âge NP	Pêchers Récolte	Insecticides /OP Azinphos methyl 50 % 1,7 kg/ha et 378 l/ha	J-51 Juillet-septembre	NP	Cutanée : Lavage de mains pendant deux minutes Environnement : Résidus foliaires Biologique: urine et sang.	Délai depuis le dernier traitement. Autres : Comparaison entre laboratoires, enzymes et métabolites
Spencer JR, USA, Californie 1994	28 hommes Âge NP	Pêchers Récolte	Azinphos-méthyl 8,2 kg/ha et 378,5 l/ha	J-50	1 exploitation	Cutanée : Essuyage des mains avec de lingettes Environnement : Résidus foliaires Biologique : urine et sang	Zone du corps Durée d'exposition : courte *vs* longue Délai depuis dernier traitement
Stamper JH, USA, Floride 1986	10, sexe et âge NP	Orangers Récolte	Chlorobenzilate ~ 1kg/ha, concentration de 0,96 g/l	Avril 1983	1 exploitation	Cutanée : Lavage de mains et patches sur la peau Environnement : Résidus foliaires, sur les fruits et sol Biologique : urine (métabolite du chlorobenzilate (acide 4,4' chlorobenzilique)	Comparaison entre le contremaître et les cueilleurs Délai depuis le traitement Durée de la tâche et quantité récoltée
Tielemans E Pays-Bas 1999	24 dans cette étude + 78 dans étude précédente	Pommiers, poiriers Récolte, élagage, éclaircissage,	Fongicides: Captane : 0,62 à 1,66 kg/ha Tolyfluanide : 0,75 kg	NP	6 fermes	Cutanée : Patches et gants coton	Délai depuis dernier traitement : Tous les 5 jours Comparaison entre tâches

Auteur/ Pays/ Année	Taille d'échantillon/sexe/âge	Secteur agricole/tâches	Type de pesticide/ Matière Active/Dose par hectare	Jour des prélèvements/ Période de l'étude	Nombre d'exploitations/ surface	Type de prélèvements	Déterminants de l'exposition (paramètres)
	Âge et sexe non précisés	pliage					Zones du corps
Wolfe H USA 1975	1 homme Âge NP	Pommiers Éclaircissage	Insecticides OP, Parathion 5,610 l/ha	NP	NP	Cutanée : Patches sur/sous les vêtements Respiratoire : Pompe portable Environnement : Résidus foliaires Biologique : Urine (24 h) Sang : Cholinestérase	Délai depuis dernier traitement : Après H1, H24, H48, H72, H96 et H240 Autres : Comparaison des formulations poudre et liquide. Zones du corps.
Études mesurant la contamination interne (sans données de contamination externe)							
Duncan USA, Floride 1985*	611 travailleurs Sexe et âge NP	Agrumes Récolte, arrosage	Insecticides OP Dose : NP	NP	NP	Biologique : Urines métabolites DMP DMDTP DEP DEPTP DEDTP	Tâches
Fenske RA, USA Washington 2003	20 travailleurs sexe et âge : NP	Pommiers Éclaircissage	Insecticide OP Azinphos-méthyl 0,98 à 2,2 kg/ha	6 semaines pendant saison d'éclaircissage 1994	3 exploitations Un programme différent par bloc de parcelles	Environnement : Résidus foliaires Biologique, urine : Métabolites urinaires DMP DMPT DMDTP	Délai depuis le dernier traitement : < 14 j *vs* > 14 j
Kraus JF, USA 1977	21 travailleurs, Sexe : NP Âge : 21 à 63 ans	Pêchers Éclaircissage, arrosage	Insecticides OP Azinphos-méthyl	Après 14 jours de l'application	NP	Environnement : Résidus foliaires Biologique : Métabolites urinaires : DMPT Sang : Activité du cholinestérase	Délai depuis le dernier traitement : J1 à J5. Tâches
Kraus JF USA, Californie 1981	32 hommes	Agrumes, orangers	Insecticides OP 2 doses : 4,5 kg et 6,7 kg/ha	Mai à juin Après 30 jours application	67 acres	Environnement : Résidus foliaires Biologique: Sang activité acétylcholinestérase Métabolites urinaires : DMP	Délai depuis le dernier traitement

Auteur/ Pays/ Année	Taille d'échantillon/sexe/âge	Secteur agricole/tâches	Type de pesticide/ Matière Active/Dose par hectare	Jour des prélèvements/ Période de l'étude	Nombre d'exploitations/ surface	Type de prélèvements	Déterminants de l'exposition (paramètres)
						DMPT DETP DEP	
Richards USA, Californie 1978	18 hommes Âge : 18 à 57 ans	Pêchers Éclaircissage	Insecticides OP Azinphos-méthyl 2,8 kg/ha	Après 14 jours d'application	Une ferme de 34 acres	Environnement : Résidus foliaires Biologique : Métabolites urinaires : DMP DMPT Sang : Activité du cholinestérase	Climat : Température Comparaison entre les années d'étude Délai depuis dernier traitement
Simcox, USA, Washington 1999	20 exposés 10 non exposés. Hommes et femmes hispaniques 30 ans	Pommiers Éclaircissage	Insecticides OP Azinphos-méthyl Selon exploitation 2 à 4,5 kg/ha	Printemps 1994	N=3 fermes. Surface : 1ère : 304 acres, 2e : 37 acres, 3e : 85 acres	Environnement : Résidus foliaires Biologique: Métabolites urinaires: DMDTP, DMTP	Délai depuis dernier traitement : Avant et après l'éclaircissage. Comparaison entre les fermes
Etudes portant sur des biomarqueurs d'effet (sans donnée de contamination externe ou de mesure de contamination interne)							
Marquez Chili 2005	94 femmes dont 30 témoins Âge moyen 40,5 ans	Arboriculture NP Éclaircissage, taille, récolte, emballage	Nombreux pesticides (insecticides, fongicides et herbicides) répertoriés Dose : variable	Mars et octobre	Surface variable	Biologiques : Sang Dommages cytogénétiques : test des micronoyaux	Comparaison de micronoyaux et de micronoyaux binucléés entre exposés et non exposés
Wicker GW, USA, Californie 1979	34 Hommes et femmes dont 9 sur pêchers 8 à 75 ans *+ travailleurs sur maïs doux*	Pêcher Éclaircissage, emballage *+ 25 observations sur maïs*	Pêche : 0,108 kg de parathion/hectare 8 traitements dans la saison *Jusqu'à 50 applications sur maïs doux*	Avril-mai 1977 pour les pêches *Juillet pour maïs*	Pêche : 800 acres *Maïs doux : 150 hectares*	Environnement : résidus foliaires et sur les fruits récoltés Biologique : Sang : activité AchE	Délai après le dernier traitement : J1, J2, J7 Niveau d'exposition (bas *vs* haut) pêches *vs* feuilles

** cette étude comporte également des observations chez des applicateurs*

 # cette étude comporte également des observations chez des riverains

4.2.4 Principaux résultats – Comparabilité des études

Les résultats des études de terrain sont présentés de manière synthétique dans le Tableau 9. Les données métrologiques ne sont pas aisément comparables d'une étude à l'autre en raison de différences méthodologiques. Ainsi, pour la contamination cutanée, certaines études ont procédé à des mesures sur les différentes zones du corps alors que d'autres n'ont mesuré que la contamination des mains, certaines ont mesuré la contamination réelle (sur la peau) et d'autres la contamination potentielle (sur les vêtements). Lorsque des mesures étaient réalisées par des techniques différentes (ex : lavage de mains *vs* dosage dans des gants en coton [Davies 1983 ; Fenske 1989 ; Fenske 1999] ou patches en coton *vs* chambray [Knaak 1978]), les valeurs pouvaient être très différentes dans une même étude. Certaines études n'ont mesuré que la matière active, alors que d'autres ont également pris en compte les métabolites, dont la toxicité pouvait être supérieure à celle de la molécule mère, en particulier pour les organophosphorés. Les résultats des mesures étaient parfois exprimés en quantité par heure ou jour de travail, parfois en quantité par unité de surface corporelle et par heure, en quantité dans l'échantillon global (lavage de mains) ou encore en quantité par unité de surface corporelle.

4.2.5 Principaux résultats – Contamination cutanée et respiratoire

L'ordre de grandeur de la contamination cutanée totale était de quelques milligrammes à quelques dizaines de milligrammes par heure de travail. La part des mains lorsqu'elle était estimée pouvait atteindre 70 % de cette contamination (Popendorf 1979). Dans l'étude néerlandaise ainsi que dans une étude sur les agrumes en Floride, la contamination restait inférieure sur une journée de travail à celle observée lors des opérations de traitement (De Cock 1998 ; Duncan 1985). Cependant, sur une année de travail complète, en raison de la répétition des tâches de réentrée et de leur durée, la contribution à l'exposition totale du travailleur était estimée supérieure à celle des tâches de traitement (De Cock 1998). Lorsque la contamination respiratoire était mesurée, elle apparaissait très nettement inférieure à la contamination cutanée (de l'ordre d'un facteur 100).

4.2.6 Principaux résultats – Mesure des résidus délogeables

Les mesures de résidus foliaires délogeables montraient des valeurs situées entre 1 et 6 µg/cm². La décroissance des valeurs de résidus était généralement observée en fonction du délai depuis l'application du pesticide, mais elle n'était pas toujours nette, en particulier au cours de la semaine qui suivait le traitement. La plupart des études n'ont procédé à des mesures que sur les feuilles, mais une étude a trouvé des valeurs nettement plus élevées sur les fruits (pêches) (Wicker 1979).

4.2.7 Principaux résultats – Déterminants de l'exposition

Le principal déterminant de l'exposition considéré par les auteurs était le **délai depuis le dernier traitement** sur des durées très variables en fonction des études (de deux jours à six semaines). Certaines études mettaient en évidence une corrélation entre le niveau de résidus, mesuré à différents temps et la contamination externe (Nigg 1984 ; Popendorf 1979 ; Tielemans 1999) ou la contamination interne (Kraus 1977 ; Richards 1978 ; Simcox 1999), mais d'autres ne trouvaient pas de relation claire (Davis 1982 ; Wicker 1979 ; Stamper 1986). Cette difficulté était encore plus marquée avec les mesures de l'activité de l'Acétylcholinestérase, difficiles à mettre en œuvre sur le terrain et à interpréter (variations importantes entre les individus).

Parmi les autres déterminants de l'exposition, la **zone du corps** a été prise en considération dans quelques études et a été associée à des niveaux de contamination très variables, les mains apparaissant comme la zone la plus contaminée (Popendorf 1979 ; De Cock 1998). Cependant les niveaux de contamination des différentes zones n'étaient pas nécessairement associés de la même manière avec les résidus (Nigg 1984 ; McCurdy 1994).

Les niveaux de contamination étaient parfois comparés entre plusieurs **tâches**. L'étude néerlandaise montrait que l'exposition cutanée était plus importante lors de l'éclaircissage que lors du palissage ou de la récolte, alors que la taille était associée aux niveaux les plus bas. Dans une étude californienne sur les pêchers, l'étayage était associé à une moindre contamination que l'éclaircissage, ou la récolte (McCurdy 1994). Au sein même de la récolte, le nombre de fruits récoltés influençait nettement le niveau de contamination dans deux études (Nigg 1984 ; Fenske 1989 ; Spencer 1995) et ceci de manière plus claire que la durée de la tâche. Le mode de réalisation des tâches jouait également un rôle dans une étude californienne : les résidus étaient plus élevés sur les pêches que sur le maïs doux alors que la contamination des travailleurs apparaissait paradoxalement plus élevée chez les trieurs de maïs. Les observations de terrain montraient que les travailleurs du maïs manipulaient à mains nues les épis lors de la récolte alors que les cueilleurs de pêches utilisaient des perches pour décrocher les fruits, ces différences de mode opératoire pouvant expliquer les résultats observés (Wicker 1979).

Certaines études ont observé des différences dans la quantité de résidus ou la contamination des travailleurs selon certaines **caractéristiques de l'application** : les formulations poudre étaient associées à des contaminations plus élevées que les formulations liquide (Wolfe 1975), de même que les bouillies les plus concentrées (associées à de bas volumes de pulvérisation) (Kraus 1981).

Les **conditions météorologiques** n'ont fait l'objet d'aucune étude systématisée en lien avec l'exposition des travailleurs et n'ont été relevées dans aucune des études de terrain analysées. Pourtant plusieurs auteurs discutent le rôle que ce facteur a pu jouer dans les résultats obtenus, en matière de résidus, et concernant la contamination des travailleurs. Ainsi, dans les différences observées dans les cultures d'agrumes de Floride et de Californie, les conditions climatiques ont été évoquées. Celles-ci seraient associées au niveau d'empoussièrement des sols et des végétaux, et à la remise en suspension des particules dans l'air au moment des opérations de réentrée. Il a été suggéré de ce fait que les modèles devraient tenir compte des particularités régionales, les champs californiens étant plus arides que ceux de Floride (Nigg 1984). Le facteur climatique a également été invoqué en Californie pour expliquer des différences de niveaux de résidus observés entre deux années successives, l'une très sèche et l'autre moins (Richards 1978). Une étude a documenté le rôle des paramètres météorologiques dans la dissipation des résidus dans les plantations d'agrumes en Floride (Nigg 1978). Elle a notamment pris en compte la température, les précipitations cumulées, et l'hygrométrie au niveau des feuilles. De manière claire, l'intégration de ces paramètres améliorait la modélisation des niveaux de résidus. Selon les matières actives et les métabolites, le seul délai de réentrée expliquait entre 35 % et 79 % du niveau de résidus alors que les modèles incluant en plus du délai les conditions météorologiques expliquaient entre 52 % et 98 % de ce même niveau. Les auteurs recommandent donc d'inclure les conditions météorologiques dans les modèles, et de répéter les études dans des conditions météorologiques variées. Le rôle des conditions météorologiques pourrait notamment expliquer que la plupart des épisodes d'intoxication enregistrés se soient produits en Californie et que très peu d'incidents aient été observés en Floride.

Tableau 9 : Résultats des études ayant produit des données originales concernant les expositions des travailleurs lors de la réentrée en arboriculture

	Résultats				Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
	Distribution des mesures utilisées						
	Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique			
Davis 1982	**Phosalone,** exposition potentielle (N=10) J1 : 9100 µg/h J2 : 7100 µg/h	**Phosalone** (N=10) J1 : 130 µg/h J2 : 81 µg/h	**Phosalone** Résidus foliaires délogeables à J1 et J2 (pas de variation entre les deux dates) 1,4 à 1,6 µg/cm²	NA	Délai de rentrée : J1 *vs* J2	**Pas de différence significative entre** : - Hommes/femmes (sauf les mains) - Types de pommes - Type de gants (coton/nylon) Baisse contamination externe à 48 h *vs* 24 h alors que résidus sont stables Dose reçue correspond seulement à 0,27 % de la DL 50 sur journée de travail	Pas d'information sur les critères d'inclusion et d'exclusion de la population Petite taille d'échantillon Étude sur 48 h seulement Pas de prise en compte de la météo Prise en compte de la perte liée au stockage (très faible après 2 mois) et à l'extraction
Davis 1983	**Azinphos-méthyl** Exposition potentielle (lavage de mains) J1 : 3400 µg/h J2 : 5400 µg/h J6 : 2400 µg/h J9 : 2100 µg/h	**Azinphos-méthyl** J1 : 49 µg/h J2 : 78 µg/h J6 : 31 µg/h J9 : 18 g/h	Azinphos-méthyl J1 : 1,7 µg/cm² J2 : 1,9 µg/cm² J6 : 1,4 µg/cm² J9 : 1,4 µg/cm²	NA	Délai depuis le traitement Mode d'estimation de l'exposition cutanée (x 4 ou 5 pour les gants *vs* rinçage)	Influence du mode de mesure de l'exposition cutanée (phénomène d'absorption par les gants) Dose reçue correspond seulement à 0,35 %-0,75 % de la DL 50 sur journée de travail	Pas de données sur la population étudiée Pas de mesure sur le visage/cou (extrapolation depuis une autre étude) Pas de prise en compte des facteurs météo. Prise en compte de la perte liée au stockage (très faible après deux mois) et à l'extraction
De Cock 1998	**Captane** Données par zone du corps par tâche. Ex. moyenne pour les mains (mg/m²/h): Éclaircissage : 37,5 (N=10) Palissage : 20,1 (N=36)	**Captane** Fraction inhalable µg/m³ Éclaircissage : 17,5 (N=7) Palissage : 19,3 (N=36)	**Captane** Résidus foliaires non documentés dans l'article. Estimation de 20 000 µg/m²	NA	Délai de réentrée Zones du corps Tâches précises	Contamination lors d'une journée de réentrée est inférieure à celle lors des traitements Différences en fonction des tâches : éclaircissage > palissage > récolte > taille (pour l'expo. cutanée) Différence en fonction des zones du corps (mains et	Pas de valeur de résidus Pas de valeur de contamination totale/j Pas de données sur la durée des tâches Pas d'information sur les conditions météo. Nombre d'observations élevé Diversité des tâches

	Résultats						
	Distribution des mesures utilisées				Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
	Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique			
	Taille : 16,2 (N=36) Récolte : 19,0 (N=94)	Taille : 51,6 (N=34) Récolte : 55,8 (N=68)				poignets les plus contaminés) La réentrée, sur l'ensemble de l'année, est la phase qui contribue le plus à la contamination du travailleur	documentées Comparaison avec l'exposition pendant les applications et dans les domiciles Calcul de la contamination (cutanée et respiratoire) par tâche et par saison pour l'applicateur, le travailleur, le riverain
Fenske 1989	Mesure seulement sur les mains Données du lavage de mains pour la récolte 14,7 à 18,0 mg/h	NA	Juillet (n=5) 6,41 µg/cm² Août (n=6) 6,34 µg/cm².	NA	Délai de réentrée Quantité récoltée (nb paniers/heure) Durée des tâches Mesure par gant ou lavage	Lien plus fort avec la quantité récoltée qu'avec la durée de la tâche Valeurs obtenues avec les gants sont fonction de la durée de la mesure (plus élevée si temps plus court), pas celles du lavage de mains Gants *vs* lavage : facteur de 1,4 à 2,4	Petit échantillon Données seulement pour les mains Mise en évidence des différences entre les gants et le lavage des mains Mise en évidence de l'importance des caractéristiques de la tâche (nombre de paniers récoltés)
Fenske 1999	**Azinphos-méthyl** Exposition des mains Gants (J4+J9) : 6,48 mg/h Lavage (J5+J6) : 1,83 mg/h Essuyage (J5+J6) : 0,28 mg/h	NA	**Azinphos-Méthyl** J4 : 1,05 µg/cm² J5 : 0,48 µg/cm² J6 : 1,48 µg/cm² J9 : 1,38 µg/cm²	NA	Mode de mesure de l'exposition : gants, lavage des mains, essuyage.	Grande variabilité des valeurs obtenues en fonction de la méthode employée Risque de sous-estimation par lavage Nécessité de standardiser les techniques	Données seulement pour les mains Produit des éléments de comparaison pour 3 techniques de mesure Considération de la perte lors de l'extraction Implications pour l'homologation
Knaak 1978	Ex. : à J21 : Cuisses sur patches non prélavés **Phosalone** : 2,55 µg/cm² **Oxones** : 0,12 µg/cm²	NA	**Phosalone** J21 : 3,6 µg/cm^2 J23 : 2,9 µg/cm^2 **Oxones** J21 : 0,48 µg/cm^2 J23 : 0.55 µg/cm^2	**AchE** **plasma** : légère baisse **érythrocytes :** pas de variation **Métabolites urinaires :** non	Délai de réentrée Zone du corps Nature des patches Deux parcelles	Légère ↓ des résidus de phosalone mais ↑ des métabolites après 3 j de mesure. Valeurs de résidus différentes entre les 2 parcelles (non liées au délai)	Étude des variations de l'activité AchE seulement après 3 jours de travail Petit échantillon Pas de mesure sur les mains Pas de détection des métabolites urinaires

	Résultats						
	Distribution des mesures utilisées				Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
	Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique			
	Ex. : à J14 : cuisses **Phosalone** : 1,24 µg/cm² **Oxones** : 0,19 µg/cm² Autres zones documentées = épaules, thorax et dos		*Autre parcelle* *Phosalone : J14 : 2,6 µg/cm²* *Oxones : 0,19 à 0,27 µg/cm²*	détectés		Cuisses, épaules et dos plus contaminés que thorax Niveaux plus élevés sur chambray (*vs* jersey), et sur tissus non prélavés Délai de réentrée de 21 j préconisé	Examen clinique des personnes incluses avant et après étude Prise en compte de la température Prise en compte des métabolites
McCurdy 1994	**Azinphos-méthyl** Ex. : Lavage de mains (médiane en µg/échantillon) Étayage J30 : 5,5 Éclaircissage J30 : 1 712 Récolte J31 : 1 635 Récolte J32 : 1 301 Également des mesures sur le visage, cou, chaussettes, chemises	NA	**Azinphos-méthyl et oxones** J30, J31, J32 Résidus entre 0,32-0,96µg/cm2 2,3 %de métabolite oxon	**AchE érytro.** J30-J33 ↓ 7 % J33-J74 ↓19 % **AchE plasma** J30-J33 ↓ 9 % J33-J74 ↓12 % **Métabolites urinaires** : ↑ Étayage > éclaircissage > irrigation	Tâches réalisées Délai de réentrée Zone du corps	Diminution de l'AchE et ↑ métabolites urinaires au cours du temps (malgré respect délai réentrée + peu de résidus) Lien entre le niveau de métabolites urinaires et les tâches Peu de corrélations entre zones Corrélations entre échantillons urinaires Meilleure corrélation résidus-contamination externe qu'interne Corrélation limitée métabolites AchE	Pas de quantification expo. corps entier Pas d'appréciation des symptômes en lien avec modification AchE Difficulté dans la comparaison des individus car association de tâches au cours de la saison Problème variabilité inter-sujets de l'AchE
Nigg 1984	**Chlorobenzilate** Estimation corps entier (moy.) J2 : 1846 µg/h J3 : 2352 µg/h J4 : 1140 µg/h	NA	**Chlorobenzilate** Résidus foliaires J1 : 0,236 µg/cm² J2 : 0,194 µg/cm² J3 : 0,217 µg/cm² J4 : 0,111 µg/cm² J7 : 0,018 µg/cm²	**Chlorobenzilat** **Urine**: J2 : 0,162 ppm J3 : 0,172 ppm J4 : 0,133 ppm J7 : 0,021 ppm	Zone du corps Délai de réentrée Quantité récoltée en nombre de boîtes	Corrélation entre résidus et exposition externe (r = 0,98) sauf haut du corps Corrélation entre métabolites urinaires et résidus, contamination externe et quantité récoltée Importance des résidus, plus que du transfert dans cette étude	Estimation corps entier Prise en compte de la quantité récoltée Développement d'un modèle « Floride » à partir d'un OC : comparable à celui de la Californie avec OP

	Résultats						
	Distribution des mesures utilisées				Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
	Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique			
			+ Mesures sur les fruits			Importance des variations régionales	
Popendorf 1979	**Zolone** Exposition globale : S1 : 122,3 mg (95 mg mains) S2 : 169,0 mg (116,1 mg) S3 : 143,1 mg (84,2 mg) S4 : 232,1 mg (158,0 mg) Également des valeurs d'azinphos et de zoloxones	**Zolone** dans l'air 0,66 fois celle de feuilles Oxone ratio feuilles/air~1	**Phosalone** S1 : 1,8 µg/cm² S2: 5,8 µg/cm² S3 : 7,2 µg/cm² S4 : 5,8 µg/cm² Métabolites 1 à 3 %	Activité AchE Peu de variations au cours de l'étude	Délai de réentrée Zone du corps	Dissipation lente des résidus, peu d'influence des conditions environnementales Peu de variation de l'activité AchE, et interprétation difficile Corrélation résidus et contamination cutanée Part des mains très importante Différences quantitatives entre cultures (pêches *vs* agrumes) mais similitudes qualitatives	Préconisations de prévention (vis-à-vis de la contamination des mains) Pas de prise en compte du détail des tâches (quantité récoltée)
Schneider 1994	**Azinphos-méthyl** Moyenne en mg/j 32 mg de J51 à J53 Bras : 82 % Oxones : 6 %	NA	**Azinphos-méthyl et oxones** 0,82 à1,72 µg/cm2 pendant les 3 semaines (de J51 à J68) Pas de diminution	**AchE plasma :** ↓ cueilleurs *vs* trieurs sans tendance claire. **BchE :** pas de ↓ **Métabolites urinaires :** Corrélés à AChE	Délai de réentrée	Les métabolites urinaires ont été considérés comme de bons marqueurs d'exposition	Long délai depuis le traitement Trieurs inclus dans l'étude comme un groupe de comparaison (mais néanmoins aussi exposés) Exposition cutanée limitée à une quinzaine de travailleurs Pas d'information précise sur les tâches
Spencer 1995	**Azinphos méthyl et oxones** Oxones : 5 à 15 % 11 mg/j (mains 82 % et chemise 18%) Pénétration des vêtements ~33 %	NA	**Azinphos méthyl et oxones** J50 : Résidus : 0,37 µg/cm² Pas d'oxone détecté	NA	Quantité récoltée Durée de travail Zone du corps Différents moments de la journée	Pas de variation des résidus sur la journée. Lien contamination avec la durée de travail et avec la quantité récoltée Des mesures sur 3 heures semblent nécessaires pour capter les variations de contamination liées à la	Mesures nombreuses : sur 28 travailleurs, répétées pour certains d'entre eux Mesure sur des journées entières de travail (mais seulement pour 8) Délai long depuis le traitement (50 jours)

	Résultats Distribution des mesures utilisées Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique	Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
						productivité	Certaines zones du corps ne sont pas prises en compte
Stamper 1986	**Chlorobenzilate** en µg/h pour le corps entier J7 : NP J8 : 277 J9 : 2085 J10 : 1077 J11 : 1102	NA	**Chlorobenzilate** *Feuilles, Fruits, Sol µg/cm² ppm* J7 : 0,40 ; 0,20 J8 : 0,44 ; 0,14 ; 0,83 J9 : 0,55 ; 0,24 ; 10,9 J10 : 0,75 ;0,22 ; 7,9 J11 : 0,58 ; 0,20 ; 6,7	**4,4' acide chlorobenzilique** Urines ppb J7 : 2,6 J8 : 5,9 J9 : 13,9 J10 : 57,7 J11 : 100,7	Délai de réentrée de J7 à J11 Durée tâche et quantité récoltée	Diminution peu nette des résidus Pas de lien clair entre résidus foliaires et contamination corps entier Lien net entre contamination cutanée (notamment les mains) et contamination interne avec les résidus présents sur sol Augmentation nette des métabolites urinaires entre J7 et J11 Lien avec la quantité récoltée	Estimation de la contamination cutanée corps entier + métabolites urinaires Résidus à la fois sur le sol, les feuilles et les fruits Prise en compte de la durée de la tâche et de la quantité récoltée Pas de facteur météorologique pris en compte Petite taille de l'étude Pas de mesure au-delà de J11
Tieleman 1999	**Captane** 4,21 mg /h **tolyfluanid**e 1,14mg/h patches. ↓ contamination avec délai de réentrée : demi-vie de dissipation évaluée entre 5 et 11 j (captane) et 2-3 j pour tolyfluanide	NA	NA	NA	Partie du corps : la main Délai de rentrée de J3 à J35.	Lien entre le délai de réentrée et la contamination cutanée Demi-vie de dissipation évaluée entre 5 et 11 j pour le captane et 2-3 j pour tolyfluanide (délai pour la récolte)	Petit nombre de mesures Pas de mesure de résidus Pas de prise en compte de la météo, de la quantité récoltée. Variation des conditions d'application en fonction des exploitations Difficulté de retracer l'historique détaillé des applications

	Résultats				Déterminants de l'exposition identifiés	Résultats et conclusion	Limites/Forces
	Distribution des mesures utilisées						
	Cutanée	Respiratoire	Environnement	Biologique			
Wolfe 1975	**Parathion** Formulation poudre J0 : 11,3 mg/h J1 : 14,2 mg/h J2 : 8,4 mg/h J3 : 8,1 mg/h J4 : 4,8 mg/h Les niveaux sont 2 fois moins élevés avec formulation liquide	**Parathion** Formulation poudre J0 : 0,15 mg/h J1 : 0,13 mg/h J2 : 0,06 mg/h J3 : 0,05 mg/h J4 : 0,03 mg/h Les niveaux sont 2 fois moins élevés avec formulation liquide	Résidus foliaires **Parathion** Formulation poudre J0 : 4,7 µg/cm² J1 : 2,9 µg/cm² J2 : 2,3 µg/cm² J3 : 1,2 µg/cm² J4 : 0,9 µg/cm²	**Métabolites urinaires** : baisse à partir de J4 **Activité AchE :** pas de changement	Délai de réentrée Type de Formulation du pesticide : poudre *vs* liquide	La formulation poudre, en séchant, produirait plus de particules Variation des résidus liée à la variation de la concentration dans la cuve, plus marquée pour les poudres (plus élevée en début de traitement) .	Étude semi-expérimentale : volontaire = l'un des auteurs. Un seul sujet et seulement 2 heures d'éclaircissage par jour Comparaison au niveau des applicateurs Pas d'information sur la météo

Tableau 10 : Résultats des études d'exposition ne comportant pas de mesure de la contamination externe

	Résultats		Déterminants de l'exposition	Résultat et Conclusion	Limites/Forces
	Type de prélèvement				
	Environnement	Biologique			
Duncan 1985	NA	Ethion très utilisé donc métabolites de l'ethion + présents **Métabolites urinaires des OP :** DMP, DMTP, DMDTP, DEP, DETP, DEDTP (valeurs selon symptôme)	Application *vs* réentrée	Mise en évidence de l'absorption des OP Exposition plus élevée chez applicateurs Pas de lien entre les métabolites et les symptômes	Taille importante de l'échantillon Rémunération des participants Représente les différentes zones de Floride Relevé des symptômes
Fenske 2003	**Azinphos Méthyl** résidus foliaires J2 : 1,31 à 3,64 µg/cm² J7 : 1,11 à 1,72 µg/cm² J14 : 0,60 à 0,89 µg/cm²	**Métabolite : diméthyl DAP** Urines : 296 échantillons Moyenne 27	Délai de réentrée	Le délai de réentrée explique 26 % du niveau de métabolite Les doses absorbées estimées pour les travailleurs n'excèdent pas la NOAEL, mais les marges d'exposition sont généralement réduites (inférieures à 100)	Urines des 24 h non collectées Une seule tâche prise en compte : éclaircissage Discussion sur le modèle utilisé (non probabiliste) Pas de prise en compte des apports

	Résultats		Déterminants de l'exposition	Résultat et Conclusion	Limites/Forces
	Type de prélèvement				
	Environnement	Biologique			
	J21 : 0,21 à 0,71 µg/cm²			Le délai de réentrée réglementaire de 14 j réduit les expositions par un facteur 2	alimentaires, ou autres sources d'exposition Faible taux de récupération dans les urines Étude d'observation : conditions réelles Mise en perspective avec la réglementation Large échantillon
Kraus 1977	**Azinphos Méthyl** Résidus foliaires J1 : 2,92 µg/cm² J13 : 0,48 µg/cm²(jour avant réentrée) J14 : 2,58 µg/cm² J19 : 1,70 µg/cm² suivis jusqu'à J105	AchE total (plasma+GR) : baisse DAP urinaire :	Tâche : éclaircissage, irrigation ou supervision	AchE : ↓ chez 13 travailleurs sur 16 (> 20 % chez 3) Baisse avant même la réentrée sans explication claire Baisse des réflexes après exposition DAP semble un bon marqueur	Examen clinique avant/après l'étude, recherche de prise médicamenteuse et de symptômes Faible taux de récupération dans les urines Le verger a été de nouveau traité la veille de la réentrée, à l'insu des investigateurs
Kraus 1981	Valeurs non présentées en détail : courbe de dissipation Dégradation du parathion plus rapide avec les bas volume	Baisse de l'AchE plasmatique DMP urinaire : 50 % des travailleurs au-dessus de la LOD Niveau le plus élevé : 0,22 ppm Moins clair avec autres métabolites	Type d'application : haut ou bas volume Âge (pouvant influencer AchE)	Mise en évidence de la contamination, mais avec de faibles niveaux de métabolites, augmentant en août et septembre Différences de résidus observées en fonction des conditions d'application	Prise en compte du niveau de base en ChE, très variable selon les individus Problème de contamination par des résidus provenant d'autres sources
Richards	**Azinphos méthyl en** µg/cm² 1975 1974 J0 2,9 2,7 J3 2,8 1,8 J8 2,6 < 1 J14 2,2 0,43	DMP et DMTP urinaires détectés seulement chez les travailleurs exposés DMTP DMP J5 exposed 19,2 ppm 20,1 ppm J9 exposed 8,1ppm	Exposés *vs* non exposés (essai contrôlé) Délai	↓ limitée de l'AChE (< 20 %), et vue dans les parcelles traitées et non traitées Recommandation/échantillon témoin et prise en compte de délais assez longs Marqueurs urinaires sont plus corrélés aux expositions (mais pas lié à AchE)	Petite taille d'échantillon Délai de 9 jours seulement après le traitement Tâches peu décrites Pas de prise compte d'autres facteurs Échantillon témoin

	Résultats		Déterminants de l'exposition	Résultat et Conclusion	Limites/Forces
	Type de prélèvement				
	Environnement	Biologique			
		6,3 ppm J9 non exposed 4,4 ppm 3,1 ppm		Variations de la dissipation des résidus entre les années 1974 et 1975, probablement en lien avec température et humidité	
Simcox	**Azinphos méthyl en** µg/cm² J2 (site 3) 3,67 J6 (site 1) 1,49 J13 (site 1) 1,25 J13 (site 3) 0,71 J19 (site 1) 0,42 J19 (site 2) 0,75 J19 (site 3) 0,31 J32 (site 2) 0,63 J42 (site 2) 0,30	Mesure d'AchE avec kit : non rapportées, jugées non fiables Mesure de DMTP dans les urines Indétectable avant activité et détectable seulement pour 9 % échantillon témoin Après activité : détecté chez tous les travailleurs… jusqu'à 3,96 µg/ml Baisse après 16 semaines de mesure	En fonction des sites (différents nb d'application)	Mesures de résidus foliaires jusqu'à six semaines après le traitement Lien observé entre métabolites urinaires et exposition potentielle (DFR) Variations importantes entre les sites mais mal expliquées	Exclusion de sept observations (changements d'emplois, refus) Problèmes de mesure d'AchE en champ Petit nombre de mesures de DFR. Pas de mesure des oxones Seulement 6 travailleurs avec prélèvements Groupe témoin Suivi sur 6 semaines Grand nombre d'échantillons urinaires (mais pas sur 24 h)
Marquez	NA	Fréquences . des micronoyaux 42,9 % (exposés) *vs* 10,9 % (témoins) . des micronoyaux binucléés 36,9 % (exposés) *vs* 9,9% (témoins)		Augmentation significative des dommages cytogénétiques chez les exposés	Mélange de pesticides mal définis Changement fréquent de tâches chez les exposés Durée de suivi de 5 mois Prise en compte d'insecticides, fongicides et herbicides
Wicker	**Parathion et oxones** J1 Pêches 0,07 µg/cm² J1 Feuilles ~0 µg/cm² J2 Pêches 2,36 µg/cm² J2 Feuilles 0,03 µg/cm² J7 Pêches 0,81 µg/cm² J7 Feuilles < 0,01 µg/cm²	Pas de baisse de l'AchE plasmatique chez les cueilleurs de pêches *Baisse de l'AchE dans le volet maïs alors que résidus moins élevés*	Type de culture : pêches *vs* maïs doux Différences selon mode opératoire (avec perches ou mains nues)	Plus de résidus sur les fruits que sur les feuilles, et plus sur la culture « pêche » que « maïs » Moins d'impact sur AchE sur pêches que sur maïs car travail réalisé avec des perches	Possible contamination des travailleurs du fait de leur résidence près des champs Intérêt de la comparaison entre deux cultures Relevé de la température et des précipitations

4.3 Études réalisées dans un objectif de développement de scores, d'algorithmes ou de modèles.

4.3.1 Mesures de résidus, modélisation de la dissipation, calculs de délais de réentrée

Dès les premières études en champ réalisées dans les années 1970, les auteurs évoquaient la nécessité de produire des modélisations mathématiques de l'exposition et du risque pour le travailleur en réentrée. Les justifications avancées de cette nécessité étaient le coût des études de terrain, leur complexité logistique et un argument éthique (ne pas réaliser d'expérimentation chez l'homme). En partant du postulat que la dissipation des résidus au cours du temps n'était pas dépendante du végétal sur lequel ils étaient déposés, des algorithmes ont été proposés pour modéliser la quantité de résidus présente sur les végétaux après une phase de traitement. Ces études sont semble-t-il nombreuses (34 figurent dans la liste des études que nous avons exclues), mais n'ont été prises en compte dans notre recherche bibliographique que lorsqu'elles étaient accompagnées d'une extrapolation concernant l'exposition du travailleur ou le risque de santé qui découlait des niveaux de résidus. Le financement de ces études provenait fréquemment des autorités en charge de l'évaluation des substances avant mise sur le marché (EPA) et visait à produire des délais de réentrée pour des matières actives spécifiques, le plus souvent des organophosphorés. Les principales caractéristiques de ces études sont présentées dans le Tableau 10.

Ainsi, en Californie, dès 1973, une modélisation mathématique des résidus sur les feuilles, couplée aux effets physiologiques attendus chez l'homme en fonction de la dose, a été élaborée pour un organophosphoré laissé « anonyme », tout comme les investigateurs ayant produit les données de terrain (Serat 1973). L'effet physiologique considéré était l'inhibition de l'activité acétylcholinestérasique. Cette modélisation a été mise en œuvre par le même auteur pour le calcul du délai de réentrée concernant le carbofuran, un insecticide carbamate, à partir de données de terrain concernant les résidus sur les feuilles d'oranger (et sur la vigne) (Serat 1978). De la même façon, des délais de réentrée ont été calculés à partir des données sur la dissipation des résidus sur feuilles d'agrumes et des courbes doses-réponse chez l'animal concernant l'activité acétylcholinestérasique pour un autre carbamate : le carbosulfan (Iwata 1983) et pour un organophosphoré, le chlortiophos (Iwata 1982), respectivement estimé à 7 et 70 jours.

La mise en œuvre de telles modélisations supposait la connaissance d'un effet de santé chez l'homme, identifiable et quantifiable, et supposé pertinent par rapport à la molécule considérée. En dehors de l'inhibition de l'acétylcholinestérase imputable aux organophosphorés et aux carbamates, supposée refléter elle-seule les effets de santé de ces molécules, une seule étude propose un autre paramètre mesurable : la mutagénicité des résidus présents sur les feuilles et les fruits et susceptibles de contaminer des travailleurs lors de la réentrée (Rashid 1987). Cette étude a porté sur le captane en culture de pomme, appliqué de manière répétée au cours de la saison (8 fois), avec des prélèvements sur fruits et sur feuilles réalisés à différents temps pendant la saison de traitement puis en fin de saison, en période de récolte. La détermination de la mutagénicité des résidus recueillis aux différents temps a été effectuée en laboratoire et s'est révélée positive dans la situation d'expositions répétées.

En Grèce Tsatsakis effectue des mesures de résidus sur pêches après application de l'organophosphoré azinphos et conclut à la possibilité de récolte 4 jours après traitement (Tsatsakis 2001).

L'étude de Spencer visait à documenter la dissipation des résidus présents sur les sols en fonction des conditions hygrométriques. Dans des plantations d'agrumes, elle a montré que les résidus de matière active mais aussi de métabolites (oxones) persistaient au moins 45 jours après l'application dans des sols secs alors que les niveaux étaient plus bas dans les zones irriguées, ce qui pouvait expliquer une moindre contamination dans des conditions climatiques humides (Spencer 1975).

4.3.2 Comparaison de modèles ou de scores

Ce n'est qu'à partir des années 2000 que des publications cherchent à comparer des modèles existants ou à proposer des améliorations ou alternatives méthodologiques.

Ainsi, en 2003, Doran compare la contamination par l'azinphos lors d'opérations d'éclaircissage en arboriculture selon qu'on modélise l'absorption cutanée par une méthode traditionnelle (dérivant d'observations de laboratoire) ou à l'aide de modèles prenant en compte l'aspect temporel de l'absorption cutanée pendant et après la phase de contact avec le végétal traité (Doran 2003). L'évaluation des deux estimations est réalisée en regard de données de biométrologie (métabolites urinaires de la substance). Le modèle intégrant la forme temporelle de l'absorption était plus fortement corrélé aux données biométrologiques.

En 2010, un article compare les modélisations d'exposition à l'insecticide organochloré « endosulfan » réalisées, d'une part, par le service d'homologation des pesticides de l'US EPA et, d'autre part, par ce même service en Californie, sur diverses cultures dont l'arboriculture (Beauvais 2010). Elle montre, qu'en partant des mêmes équations pour le calcul de l'exposition en réentrée, les paramètres utilisés par chacune des agences conduisent à des divergences notables dans le calcul des expositions. Les plus grandes différences sont induites par la manière dont sont estimés les résidus foliaires délogeables (qualité et divergences des études ayant permis d'estimer le niveau de résidus, méthode de modélisation de la dissipation des résidus à partir des points de mesure disponibles, prise en compte ou non du jour même du traitement,). Mais, de plus, des différences dans les calculs proviennent des choix réalisés concernant les délais retenus pour définir l'exposition à court/moyen/long terme, les coefficients de transfert, le pourcentage d'absorption cutanée, le poids corporel moyen, ainsi que la prise en compte combinée d'autres formes d'exposition : par l'alimentation, lors de la baignade dans des eaux contaminées, ou encore par simple présence à proximité de cultures traitées. Cependant, dans ce cas particulier, les deux agences concluaient toutes deux à des niveaux d'exposition pouvant poser des problèmes de santé pour les ouvriers exposés.

En dehors des modèles, des initiatives non réglementaires visent à proposer des index pour évaluer le risque pour le travailleur, le consommateur, ou l'environnement. Ceci a notamment été réalisé au Royaume-Uni (Cross 2011). Il s'agissait d'établir un score reflétant l'impact global des pesticides, à partir de leur toxicité aiguë ou chronique, en particulier par voie cutanée, pour l'homme et pour l'environnement. Ce « quotient d'impact environnemental » a été établi pour l'arboriculture fruitière au Royaume-Uni et son évolution a été comparée entre 1992 et 2008. Les résultats obtenus traduisaient une diminution de l'impact au cours de cette période, principalement expliquée par le retrait de certains insecticides.

Tableau 11 : Études portant sur des mesures de résidus dans un objectif de modélisation de l'exposition des travailleurs

Batista GC, USA, 1985	Population NP	Orangers Tâches NP	Insecticides OP Carbophenothion 2 doses : 5 et 10 lb ingrédient actif /acres	NP	4 parcelles traitées (arbres extérieurs partiellement) 2 parcelles non traitées	Environnement : Résidus foliaires et de la terre	Délai depuis le dernier traitement Résidus de la terre *vs* feuilles Comparaison entre les doses
Iwata Y USA, Californie 1983	NP	Agrumes (orange, citron, pamplemousse) Tâches NP	Insecticides Carbosulfan 1,5 lb d'ingrédient actif par acre diluent 200 galons d'eau	Après 21 jours d'application 1er traitement : mai et juin 2e traitement : juin et juillet	180 orangers 156 citronniers 108 pamplemoussiers	Environnement : Résidus foliaires Biologique : Inhibition du cholinestérase chez les rats après application cutanée	Délai depuis dernier traitement Type d'agrumes Comparaison entre les traitements
Rashid USA, Pennsylvanie 1987	NP	Pommiers Récolte	Fongicide Captane Doses varient de 2,5 g et 9,6 g/L	Mai à août	1 exploitation 0,7 hectare	Environnement : Résidus sur le feuillage et sur les fruits	Délai depuis le dernier traitement
Serat Californie 1973	12 sujets avec - expérience ÂGE et sexe : NP	Orangers Récolte	Insecticides OP 7 lb d'ingrédient actif	NP	1 exploitation de 5 acres	Environnement : Résidus foliaires Biologique : Prélèvement sanguin (4 sujets)	Délai depuis le dernier traitement
Serat, Floride 1978	NP Il n'y a pas	Orangers, raisins Récolte	Furadan Oranges : 1,0 lb par ingrédient actif diluent 400 gal Raisin : 1,0 lb par acre diluent 250 gal	Août à septembre	NP	Environnement : Résidus foliaires (feuilles et fruits)	Délai depuis le dernier traitement
Tsatsakis AM Grèce 2001	Population NP	Pêchers Tâche NP	Insecticides OP Méthylparathion Dose NP	NP	3 parcelles de 125 m² T1 (1 application), T2 (2 applications) C. (Contrôle)	Environnement : Résidus foliaires et sur fruits (1kg, 1j/2 pendant 16 jours)	Nombre d'applications (1 *vs* 2)

Spencer WF, USA, Californie 1975	Population NP	Agrumes Récolte	Insecticides OP Parathion 3 doses : 2lb ingrédient actif par acre par 1000 galons 4lb par acre/1000 gal 8lb par acre/1500 gal	Juin 1974	3 parcelles 250 arbres	Environnement : Résidus foliaires Contamination de la terre et la poussière	Délai depuis le dernier traitement : Terre *vs* poussière Dosage du pesticide

5 Synthèse - Conclusions

Notre recherche bibliographique nous a permis d'identifier 42 publications scientifiques documentant l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides lors de phase de réentrée en arboriculture. Seulement la moitié d'entre elles produisaient des données métrologiques originales, les autres consistant principalement en des descriptions d'épisodes d'intoxication, ou en des modélisations de l'exposition à des fins réglementaires à partir de seules mesures de résidus.

La plupart de ces études ont été produites dans la suite d'épisodes récurrents d'intoxications aiguës aux organophosphorés survenues aux États-Unis dès les années 1950, et plus particulièrement en Floride, dans des plantations d'agrumes. Beaucoup de ces études sont donc anciennes et ont été menées dans les années 1970-1980. Les études les plus récentes ayant mesuré la contamination externe remontent à 1999 (Tielemans 1999 ; Fenske 1999). Par la suite, n'ont été publiées qu'une étude portant sur la mesure des métabolites urinaires (Fenske 2003) et des études visant à modéliser la dissipation des résidus. En Europe, les seules études de terrain ont été menées aux Pays-Bas. Aucune étude n'a été publiée dans le contexte français. Les arbres les plus étudiés ont été les pêchers, les pommiers et les agrumes. On ne dispose pas de données pour d'autres types d'arbres.

Ces études mettent en évidence la présence de résidus de pesticides sur la peau des travailleurs, inconstamment corrélée aux niveaux de résidus sur le feuillage ou sur les fruits. Les études de contamination interne ont pu mettre en évidence les métabolites des substances dans les urines, et parfois une modification de certains paramètres physiologiques pouvant traduire un effet des matières actives absorbées (principalement modification de l'activité actéylcholinestérasique en lien avec l'exposition aux organophosphorés). Les corrélations entre les différents types de mesures (résidus foliaires, contamination cutanée et respiratoire, métabolites urinaires, marqueurs d'effets) ont parfois été montrées, mais apparaissent très inconstantes.

Les études disponibles ont mis en évidence les difficultés méthodologiques telles que la nécessité de standardiser les modalités de prélèvements de terrain (type d'échantillon, durée de la mesure), de prendre en compte les métabolites du pesticide étudié, de disposer d'échantillons témoins, de corriger les valeurs par des taux de récupération dans les échantillons, de distinguer les différentes zones du corps… Mais, malgré ces difficultés qui peuvent rendre complexe la comparaison des résultats, ces études ont également permis d'identifier ou de suggérer des déterminants de l'exposition. Au-delà des niveaux de résidus foliaires et de leur dissipation à partir du temps de l'application, qui ont été au cœur de la majorité des études, le rôle possible de plusieurs autres facteurs est évoqué : facteurs météorologiques, conditions d'application de la substance, nature précise de la tâche et de ses modalités de mise en œuvre, intensité du travail réalisé (productivité)… Le faible nombre d'études de terrain réalisées ne permet pas à ce jour d'identifier la contribution de chacun de ces facteurs dans les niveaux d'exposition des travailleurs.

Certaines données de contamination ont pu échapper à notre revue si elles ont été réalisées dans un cadre plus large, et si l'objectif principal de l'étude n'était pas de produire des mesures d'exposition en réentrée en arboriculture. C'est le cas notamment de l'étude Berthet en 2012, centrée sur les aspects méthodologiques de l'échantillonnage et de l'analyse des métabolites du captane et du folpel et qui incluait deux observations de réentrée en arboriculture (Berthet 2012), ou encore de l'étude menée par la Mutualité sociale agricole concernant les dithiocarbamates qui comportait des observations en arboriculture, mais au sein de laquelle il n'est pas possible de distinguer l'exposition relative aux phases de réentrée (Dupupet 2006).

Le nombre d'études disponibles concernant l'exposition des travailleurs reste donc limité. Il est probable que de nombreuses autres données aient été produites dans le cadre de l'autorisation de mise sur le marché des substances, sous la forme de rapports, protégés par le secret industriel, auxquels nous n'avons pas eu accès. Mais on peut également penser que les études générées dans les années 1970 et 1980 aux États-Unis ayant servi de base à divers outils de modélisation, il

n'a pas semblé nécessaire par la suite de produire de nouvelles études de terrain. Il convient à ce sujet de rappeler que les molécules qui ont alors été l'objet des études étaient presque exclusivement des organophosphorés, et qu'aucun herbicide et un seul fongicide (captane) n'a donné lieu à publication. Même si le dépôt de substance sur le feuillage, et le transfert vers l'opérateur ne dépend pas nécessairement de la nature chimique du pesticide, on ne peut exclure que les conditions d'exposition puissent différer pour d'autres types de pesticides en fonction des cultures concernées. Notre revue sur ce sujet spécifique apparaît plus large que celle produite en 2007 par l'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Concernant les travailleurs en réentrée, cette revue avait identifié 30 articles pertinents sur la période 1990-2008, dont 5 avaient été exclus *a priori* (qualité de l'information insuffisante). Parmi les 25 articles retenus, 5 seulement portaient sur les expositions en réentrée en arboriculture (De Cock 1998 ; MC Curdy 1994 et 1991, Spencer 1995 et Schneider 1994). Les autres concernaient principalement des opérations de réentrée en serres horticoles. Le rapport EFSA souligne le manque d'études dans le secteur arboriculture, de même que pour le maraîchage et pour les grandes cultures. Par ailleurs ce rapport mentionne que le groupement des fabricants de pesticides américains (US Agricultural Re-Entry Task Force ou ARTF) dispose de davantage de données : environ 45 études additionnelles, utilisées dans les procédures d'homologation américaines, qui n'ont pas été mises à disposition des autorités réglementaires européennes.

Les résultats des études identifiées par notre recherche peuvent être brièvement mis en parallèle avec les données des modèles actuellement utilisés pour prédire les expositions des travailleurs lors des tâches de réentrée dans les procédures d'homologation. Pour rappel, ceux-ci ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs identifiés dans les études de terrain mais intègrent trois paramètres : la durée de la tâche, un coefficient de transfert (traduisant le degré de contact entre le travailleur et la culture) et une valeur de résidus délogeables.

- La durée de la tâche n'a été documentée que dans un petit nombre des études publiées et s'est révélée corrélée à la contamination externe, mais de manière moins nette que l'intensité du travail (ex : nombre de paniers de fruits ramassés).
- Les coefficients de transfert qui s'expriment en cm²/h n'ont pas été calculés dans les études publiées et ne peuvent donc être comparés à ceux qui sont utilisés par défaut dans les procédures d'homologation, dérivés d'études portant sur la contamination potentielle cutanée, non accessibles dans la littérature publique. Dans les modèles, une valeur par défaut de 4500 cm²/h est utilisée en arboriculture.
- Concernant les valeurs de résidus, elles ont été décrites dans la plupart des études publiées et ont montré leur variabilité entre cultures, zone géographiques et délai depuis le traitement. Dans les modèles, lorsqu'une donnée précise de résidus n'est pas disponible, une valeur par défaut de 3 µg/cm² est généralement utilisée. Cette valeur était dépassée dans 5 des études que nous avons revues, la valeur maximale étant observée dans l'étude de Popendorf, où les résidus foliaires au cours de la 3e semaine étaient de 7,2 µg/cm². Le rapport de l'EFSA a retenu 6 études pour le calcul des DFR, dont trois en arboriculture : McCurdy 1994, Spencer 1995 et Schneider 1994. Les valeurs en résidus observées dans ces études sont bien inférieures à 3 µg/cm², mais il est important de noter que les mesures ont été réalisées entre 31 et 67 jours après l'application. Elles représentent donc *a priori* une sous-estimation des valeurs observées le jour de l'application, et les jours suivants.

6 Références

Articles retenus pour relecture (N=42)

1. Beauvais SL, Silva MH, Powell S. Human health risk assessment of endosulfan. Part IV: Occupational reentry and public non-dietary exposure and risk. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP* 2010; 56: 38–50.
2. Carman GE. Worker reentry safety. I. An overview of the reentry problem on citrus in California. *Residue reviews* 1976; 62: 1–6.
3. Cross P. Pesticide hazard trends in orchard fruit production in Great Britain from 1992 to 2008: a time-series analysis. *Pest management science* 2012; .
4. Davis JE, Stevens ER, Staiff DC. Potential exposure of apple thinners to azinphosmethyl and comparison of two methods for assessment of hand exposure. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1983; 31: 631–638.
5. Davis JE, Stevens ER, Staiff DC, Butler LC. Potential exposure of apple thinners to phosalone. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1982; 29: 592–598.
6. De Batista GC, Stamper JH, Nigg HN, Knapp JL. Dislodgeable residues of carbophenothion in Florida citrus: implications for safe worker reentry. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1985; 35: 213–221.
7. De Cock J, Heederik D, Kromhout H, Boleij JS, Hoek F, Wegh H, Tjoe Ny E. Determinants of exposure to captan in fruit growing. *American Industrial Hygiene Association journal* 1998; 59: 166–172
8. Doran EM, Fenske RA, Kissel JC, Curl CL, Simcox NJ. Impact of dermal absorption factors in occupational exposure assessment: comparison of two models for agricultural reentry workers exposed to azinphosmethyl. *Applied occupational and environmental hygiene* 2003; 18: 669–677.
9. Duncan RC, Griffith J. Monitoring study of urinary metabolites and selected symptomatology among Florida citrus workers. *Journal of toxicology and environmental health* 1985; 16: 509–521.
10. Farquhar SA, Goff NM, Shadbeh N, Samples J, Ventura S, Sanchez V, Rao P, Davis S. Occupational health and safety status of indigenous and Latino farmworkers in Oregon. *Journal of agricultural safety and health* 2009; 15: 89–102.
11. Fenske RA, Birnbaum SG, Methner MM, Soto R. Methods for assessing fieldworker hand exposure to pesticides during peach harvesting. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1989; 43: 805–813.
12. Fenske RA, Curl CL, Kissel JC. The effect of the 14-day agricultural restricted entry interval on azinphosmethyl exposures in a group of apple thinners in Washington state. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP* 2003; 38: 91–97.
13. Fenske RA, Lu C, Curl CL, Shirai JH, Kissel JC. Biologic monitoring to characterize organophosphorus pesticide exposure among children and workers: an analysis of recent studies in Washington State. *Environmental health perspectives* 2005; 113: 1651–1657.
14. Fenske RA, Simcox NJ, Camp JE, Hines CJ. Comparison of three methods for assessment of hand exposure to azinphos-methyl (Guthion) during apple thinning. *Applied occupational and environmental hygiene* 1999; 14: 618–623.
15. Gunther FA, Iwata Y, Carman GE, Smith CA. The citrus reentry problem: research on its causes and effects, and approaches to its minimization. *Residue reviews* 1977; 67: 1–132.
16. Iwata Y, Knaak JB, Carman GE, Dusch ME, Gunther FA. Fruit residue data and worker reentry research for chlorthiophos applied to California citrus trees. *Journal of agricultural and food chemistry* 1982; 30: 215–222.
17. Iwata Y, Knaak JB, Dusch ME, O'Neal JR, Pappas JL. Worker reentry research for carbosulfan applied to California citrus trees. *Journal of agricultural and food chemistry* 1983; 31: 1131–1136.
18. Knaak JB, Maddy KT, Gallo MA, Lillie DT, Craine EM, Serat WF. Worker reentry study involving phosalone application to citrus groves. *Toxicology and applied pharmacology* 1978; 46: 363–374.
19. Kraus JF, Mull R, Kurtz P, Winterlin W, Franti CE, Borhani N, Kilgore W. Epidemiologic study of physiological effects in usual and volunteer citrus workers from organophosphate pesticide residues at reentry. *Journal of toxicology and environmental health* 1981; 8: 169–184.
20. Kraus JF, Richards DM, Borhani NO, Mull R, Kilgore WW, Winterlin W. Physiological response to organophosphate residues in field workers. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1977; 5: 471–485.

21. Marquez C, Villalobos C, Poblete S, Villalobos E, de Los Angeles Garcia M, Duk S. Cytogenetic damage in female Chilean agricultural workers exposed to mixtures of pesticides. *Environmental and molecular mutagenesis* 2005; 45: 1–7.
22. Mc Curdy SA, Hansen ME, Weisskopf CP, Lopez RL, Schneider F, Spencer J, Sanborn JR, Krieger RI, Wilson BW, Goldsmith DF et al. Assessment of azinphosmethyl exposure in California Peach harvest Workers. Archives of environemental health 1994; 49: 289-296.
23. Nigg HN, Stamper JH, Queen RM. The development and use of a universal model to predict tree crop harvester pesticide exposure. *American Industrial Hygiene Association journal* 1984; 45: 182–186.
24. Popendorf W. Exploring citrus harvesters' exposure to pesticide contaminated foliar dust. *American Industrial Hygiene Association journal* 1980; 41: 652–659.
25. Popendorf WJ, Spear RC. Preliminary survey of factors affecting the exposure of harvesters to pesticide residues. *American Industrial Hygiene Association journal* 1974; 35: 374–380.
26. Popendorf WJ, Spear RC, Leffingwell JT, Yager J, Kahn E. Harvester exposure to Zolone (phosalone) residues in peach orchards. *Journal of occupational medicine. : official publication of the Industrial Medical Association* 1979; 21: 189–194.
27. Rashid KA, Kawar NS, Hull LA, Mumma RO. Residues and mutagenicity of captan applied to apple trees and potential human exposure. Journal of environmental science and health. Part B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes 1987; 22:71-89.
28. Richards DM, Kraus JF, Kurtz P, Borhani NO, Mull R, Winterlin W, Kilgore WW. A controlled field trial of physiological responses to organophosphate residues in farm workers. *Journal of environmental pathology and toxicology* 1978; 2: 493–512.
29. Rosenberg BJ, Barbeau EM, Moure-Eraso R, Levenstein C. The work environment impact assessment: a methodologic framework for evaluating health-based interventions. *American journal of industrial medicine* 2001; 39: 218–226.
30. Saunders LD, Ames RG, Knaak JB, Jackson RJ. Outbreak of Omite-CR-induced dermatitis among orange pickers in Tulare County, California. *Journal of occupational medicine. : official publication of the Industrial Medical Association* 1987; 29: 409–413.
31. Schneider F, Steenland K, Hernandez B, Wilson B, Krieger R, Spencer J, Margetich S. Monitoring Peach Harvest Workers Exposed to Azinphosmethyl Residues in Sutter County, California, 1991. *Environmental health perspectives* 1994; 102: 580–585.
32. Serat WF. Calculation of a safe reentry time into an orchard treated with a pesticide chemical which produces a measurable physiological response. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1973; 1: 170–181.
33. Serat WF. Estimating a worker entry interval for the carbamate pesticide furadan 4F insecticide. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1978; 7: 1–11.
34. Simcox NJ, Camp J, Kalman D, Stebbins A, Bellamy G, Lee IC, Fenske R. Farmworker exposure to organophosphorus pesticide residues during apple thinning in central Washington State. *American Industrial Hygiene Association journal* 1999; 60: 752–761.
35. Spencer J, O'Malley M. Pyrethroid illnesses in California, 1996-2002. *Reviews of environmental contamination and toxicology* 2006; 186: 57–72.
36. Spencer JR, Sanborn JR, Hernandez BZ, Krieger RI, Margetich SS, Schneider FA. Long vs. short monitoring intervals for peach harvesters exposed to foliar azinphos-methyl residues. *Toxicology letters* 1995; 78: 17–24.
37. Spencer WF, Cliath MM, Davis KR. Persistence of parathion and its oxidation to paraoxon on the soil surface as related to worker reentry into treated crops. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 1975; 14: 265–272.
38. Tielemans E, Louwerse E, de Cock J, Brouwer D, Zielhuis G, Heederik D. Exposure to fungicides in fruit growing: re-entry time as a predictor for dermal exposure. *American Industrial Hygiene Association journal* 1999; 60: 789–793.
39. Tsatsakis AM, Tsakiris IN, Maxaira K, Christakis-Hampsas M, Tzanakakis-Nikitovich DP, Niklis N. Assessment of safe harvesting after methyl parathion application in peaches. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 2002; 68: 824–830.
40. Wicker GW, Williams WA, Guthrie FE. Exposure of field workers to organophosphorus insecticides: sweet corn and peaches. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1979; 8: 175–182.
41. Wolfe HR, Armstrong JF, Staiff DC, Comer SW, Durham WF. Exposure of apple thinners to parathion residues. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1975; 3: 257–267.
42. Outbreak of severe dermatitis among orange pickers--California. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report* 1986; 35: 465–467.

Articles exclus (N=73)

- Articles portant sur les traitements en arboriculture (N=1)

1. De Cock J, Heederik D, Kromhout H, Boleij JS, Hoek F, Wegh H, Tjoe Ny E. Exposure to captan in fruit growing. *American Industrial Hygiene Association journal* 1998; 59: 158–165.

- Articles documentant exclusivement les résidus (N=34)

1. Tonogai Y, Tsumura Y, Nakamura Y, Ito Y. [Analytical results of post-harvest pesticides in citrus fruits and fruits juices by GC-MS (SIM) and HPLC with fluorescent detector]. *Eisei Shikenjo hokoku. Bulletin of National Institute of Hygienic Sciences* 1992; 135–140.
2. Yucel U, Ilim M, Aslan N. 14C-carbaryl residues in hazelnut. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 2006; 41: 585–593.
3. Wise JC, Coombs AB, Vandervoort LC, Gut LJ, Hoffmann EJ, Whalon ME. Use of residue profile analysis to identify modes of insecticide activity contributing to control of plum curculio in apples. *Journal of economic entomology* 2006; 99: 2055–2064.
4. Alam S, Kole RK, Bhattacharyya A. Residual fate of the fungicide tetraconazole (4% EW) in mango. *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 2011; 87: 444–447.
5. Ambrus A. Within and between field variability of residue data and sampling implications. *Food additives and contaminants* 2000; 17: 519–537.
6. Angioni A, Dedola F, Garau A, Sarais G, Cabras P, Caboni P. Chlorpyrifos residues levels in fruits and vegetables after field treatment. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 2011; 46: 544–549.
7. Banasiak U, Beitz H, Santalla AT. [Comparative observations of the behavior of ethephon in fruit, coffee and paprika]. *Die Nahrung* 1989; 33: 779–788.
8. Boppel B, Diehl JF. [Arsenic, lead and cadmium in the customary homemade fruit and vegetable preserves from earlier decades. 1. Cherries from the harvest year 1911 on]. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 1993; 197: 570–572.
9. Dogheim SM, Gad Alla SA, el-Syes SM, Almaz MM, Salama EY. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in food from Egyptian local markets. *Journal of AOAC International* 1996; 79: 949–952.
10. Fernandez M, Pico Y, Manes J. Pesticide residues in oranges from Valencia (Spain). *Food additives and contaminants* 2001; 18: 615–624.
11. Frank R, Braun HE, Ripley BD. Residues of insecticides, and fungicides in fruit produced in Ontario, Canada, 1986-1988. *Food additives and contaminants* 1990; 7: 637–648.
12. Hamilton D, Ambrus A, Dieterle R, Felsot A, Harris C, Petersen B, Racke K, Wong SS, Gonzalez R, Tanaka K, Earl M, Roberts G, Bhula R. Pesticide residues in food--acute dietary exposure. *Pest management science* 2004; 60: 311–339.
13. Ju XT, Kou CL, Zhang FS, Christie P. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 2006; 143: 117–125.
14. Karaouzas I, Lambropoulou DA, Skoulikidis NT, Albanis TA. Levels, sources and spatiotemporal variation of nutrients and micropollutants in small streams of a Mediterranean River basin. *Journal of environmental monitoring : JEM* 2011; 13: 3064–3074.
15. Leip A, Lammel G. Indicators for persistence and long-range transport potential as derived from multicompartment chemistry-transport modelling. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)* 2004; 128: 205–221.
16. Leistra M, Boesten JJ. Measurement and computation of movement of bromide ions and carbofuran in ridged humic-sandy soil. *Archives of environmental contamination and toxicology* 2010; 59: 39–48.
17. Magalhaes LC, Walgenbach JF. Life stage toxicity and residual activity of insecticides to codling moth and oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of economic entomology* 2011; 104: 1950–1959.
18. Nougadere A, Sirot V, Kadar A, Fastier A, Truchot E, Vergnet C, Hommet F, Bayle J, Gros P, Leblanc JC. Total diet study on pesticide residues in France: levels in food as consumed and chronic dietary risk to consumers. *Environment international* 2012; 45: 135–150.
19. Ortelli D, Edder P, Corvi C. Pesticide residues survey in citrus fruits. *Food additives and contaminants* 2005; 22: 423–428.
20. Mladenova R, Shtereva D. Pesticide residues in apples grown under a conventional and integrated pest management system. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 2009; 26: 854–858.

21. Patyal SK, Sharma ID, Chandel RS, Dubey JK. Dissipation kinetics of trifloxystrobin and tebuconazole on apple (Malus domestica) and soil - A multi location study from north western Himalayan region. *Chemosphere* 2013; .
22. Paya P, Oliva J, Camara MA, Barba A. Dissipation of fenoxycarb and pyriproxyfen in fresh and canned peach. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 2007; 42: 767–773
23. Rawn DF, Quade SC, Shields JB, Conca G, Sun WF, Lacroix GM, Smith M, Fouquet A, Belanger A. Organophosphate levels in apple composites and individual apples from a treated Canadian orchard. *Journal of agricultural and food chemistry* 2006; 54: 1943–1948.
24. Rees NM, Day MJ. UK consumption databases relevant to acute exposure assessment. *Food additives and contaminants* 2000; 17: 575–581.
25. Thurman EM, Ferrer I, Zweigenbaum JA, Garcia-Reyes JF, Woodman M, Fernandez-Alba AR. Discovering metabolites of post-harvest fungicides in citrus with liquid chromatography/time-of-flight mass spectrometry and ion trap tandem mass spectrometry. *Journal of chromatography. A* 2005; 1082: 71–80.
26. Bach M, Huber A, Frede HG. Modeling pesticide losses from diffuse sources in Germany. *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research* 2001; 44: 189–196.
27. Belanger A, Bostanian NJ, Boivin G, Boudreau F. Azinphos-methyl residues in apples and spatial distribution of fluorescein in vase-shaped apple trees. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 1991; 26: 279–291.
28. Calliera M, Balderacchi M, Capri E, Trevisan M. Prediction of agrochemical residue data on fruit using an informatic system (PARDIS model). *Pest management science* 2008; 64: 981–988.
29. Nigg HN, Allen JC, Brooks RF, Edwards GJ, Thompson NP, King RW, Blagg AH. Dislodgeable residues of ethion in Florida citrus and relationships to weather variables. *Archives of environmental contamination and toxicology* 1977; 6: 257–267.
30. Pompi V, Donnarumma L, Rossi E, Rosati S. Fungicide residues in pears, apples and grapes after post harvest treatments by thermonebulization. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 2005; 70: 1067–1073.
31. Ticha J, Hajslova J, Kovalczuk T, Jech M, Honzicek J, Kocourek V, Lansky M, Kloutvorova J, Falta V. Safe apples for baby-food production: survey of pesticide treatment regimes leaving minimum residues. *Food additives and contaminants* 2007; 24: 605–620.
32. Whitmyre GK, Ross JH, Lunchick C, Volger B, Singer S. Biphasic dissipation kinetics for dislodgeable foliar residues in estimating postapplication occupational exposures to endosulfan. *Archives of environmental contamination and toxicology* 2004; 46: 17–23.
33. Passarella I, Elia I, Guarino B, Bourlot G, Negre M. Evaluation of the field dissipation of fungicides and insecticides used on fruit bearing trees in northern Italy. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 2009; 44: 137–143.
34. Soler C, Manes J, Pico Y. Determination of carbosulfan and its metabolites in oranges by liquid chromatography ion-trap triple-stage mass spectrometry. *Journal of chromatography. A* 2006; 1109: 228–241.

- Articles portant sur des expositions non agricoles (N=5)

1. Walters J, Goh KS, Li L, Feng H, Hernandez J, White J. Environmental monitoring of carbaryl applied in urban areas to control the glassy-winged sharpshooter in California. *Environmental monitoring and assessment* 2003; 82: 265–280.
2. Custer TW, Custer CM, Hines RK, Stromborg KL, Allen PD, Melancon MJ, Henshel DS. Organochlorine contaminants and biomarker response in double-crested cormorants nesting in Green Bay and Lake Michigan, Wisconsin, USA. *Archives of environmental contamination and toxicology* 2001; 40: 89–100.
3. Stellman SD, Stellman JM. Exposure opportunity models for Agent Orange, dioxin, and other military herbicides used in Vietnam, 1961-1971. *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology* 2004; 14: 354–362.
4. Stoker C, Repetti MR, Garcia SR, Zayas MA, Galoppo GH, Beldomenico HR, Luque EH, Munoz-de-Toro M. Organochlorine compound residues in the eggs of broad-snouted caimans (Caiman latirostris) and correlation with measures of reproductive performance. *Chemosphere* 2011; 84: 311–317.
5. Stone R. Epidemiology. Agent Orange's bitter harvest. *Science (New York, N.Y.)* 2007; 315: 176–179.

- Articles décrivant des pratiques agronomiques sans métrologie (N=20)

1. Xu MG, Zhang Q, Zeng XB. [Effects and mechanism of amendments on remediation of Cd-Zn contaminated paddy soil]. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue / [bian ji, Zhongguo ke xue yuan huan jing ke xue wei yuan hui "Huan jing ke xue" bian ji wei yuan hui.]* 2007; 28: 1361–1366.
2. Boucher TJ, Ashley R, Durgy R, Sciabarrasi M, Calderwood W. Managing the pepper maggot (Diptera: Tephritidae) using perimeter trap cropping. *Journal of economic entomology* 2003; 96: 420–432.
3. Croes E, Van Hemelrijck W, De Landtsheer A, Keulemans W, Creemers P. Epidemiological research of twig scab on pear as basis for a rational and ecological disease management. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 2010; 75: 621–625.
4. Dang KT, Singh Z, Swinny EE. Impact of postharvest disease control methods and cold storage on volatiles, color development and fruit quality in ripe "kensington pride" mangoes. *Journal of agricultural and food chemistry* 2008; 56: 10667–10674.
5. De Graaf J. Developing a systems approach for Sternochetus mangiferae (Coleoptera: Curculionidae) in South Africa. *Journal of economic entomology* 2010; 103: 1577–1585.
6. Ghanim M, Lebedev G, Kontsedalov S, Ishaaya I. Flufenerim, a novel insecticide acting on diverse insect pests: biological mode of action and biochemical aspects. *Journal of agricultural and food chemistry* 2011; 59: 2839–2844.
7. Iordanescu O, Micu R, Angelache I, Blidaru A, Snejana D, Simeria G, Draganescu E, Beyers T, Verberne A, Aerts R. Pheromone trap and population model-based control of the codling moth, Cydia pomonella L., in Romanian apple culture. *Communications in agricultural and applied biological sciences* 2007; 72: 603–609.
8. Izumi H, Poubol J, Hisa K, Sera K. Potential sources of microbial contamination of satsuma mandarin fruit in Japan, from production through packing shed. *Journal of food protection* 2008; 71: 530–538.
9. Hoerlein G. Glufosinate (phosphinothricin), a natural amino acid with unexpected herbicidal properties. *Reviews of environmental contamination and toxicology* 1994; 138: 73–145.
10. Miskiewicz E, Ivanov AG, Williams JP, Khan MU, Falk S, Huner NP. Photosynthetic acclimation of the filamentous cyanobacterium, Plectonema boryanum UTEX 485, to temperature and light. *Plant & cell physiology* 2000; 41: 767–775.
11. Morales H, Marin S, Obea L, Patino B, Domenech M, Ramos AJ, Sanchis V. Ecophysiological characterization of Penicillium expansum population in lleida (Spain). *International journal of food microbiology* 2008; 122: 243–252.
12. Schirra M, D'Aquino S, Migheli Q, Pirisi FM, Angioni A. Influence of post-harvest treatments with fludioxonil and soy lecithin co-application in controlling blue and grey mould and fludioxonil residues in Coscia pears. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 2009; 26: 68–72.
13. Sharma N, Tripathi A. Effects of Citrus sinensis (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of Aspergillus niger (L.) Van Tieghem. *Microbiological research* 2008; 163: 337–344.
14. Sigua GC, Adjei MB, Rechcigl JE. Cumulative and residual effects of repeated sewage sludge applications: forage productivity and soil quality implications in South Florida, USA. *Environmental science and pollution research international* 2005; 12: 80–88.
15. Patino-Vera M, Jimenez B, Balderas K, Ortiz M, Allende R, Carrillo A, Galindo E. Pilot-scale production and liquid formulation of Rhodotorula minuta, a potential biocontrol agent of mango anthracnose. *Journal of applied microbiology* 2005; 99: 540–550.
16. Quinones A, Banuls J, Millo EP, Legaz F. Effects of 15N application frequency on nitrogen uptake efficiency in citrus trees. *Journal of plant physiology* 2003; 160: 1429–1434.
17. Teixeira LA, Isaacs R, Gut LJ. Habitat-specific flight period in the cherry fruit fly Rhagoletis cingulata (Loew) (Diptera: Tephritidae). *Environmental entomology* 2007; 36: 1339–1348.
18. Juraske R, Sanjuan N. Life cycle toxicity assessment of pesticides used in integrated and organic production of oranges in the Comunidad Valenciana, Spain. *Chemosphere* 2011; 82: 956–962.
19. Lasota JA, Dybas RA. Abamectin as a pesticide for agricultural use. *Acta Leidensia* 1990; 59: 217–225.
20. Mari M, Bertolini P, Pratella GC. Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases. *Journal of applied microbiology* 2003; 94: 761–766.

- Articles portant sur d'autres secteurs que l'arboriculture (N=5)

1. Aharoni Y, Stewart JK, Hartsell PL, Young DK. Acetaldehyde--a potential fumigant for control of the green peach aphid on harvested head lettuce. *Journal of economic entomology* 1979; 72: 493–495.
2. Ahn KC, Gee SJ, Kim HJ, Aronov PA, Vega H, Krieger RI, Hammock BD. Immunochemical analysis of 3-phenoxybenzoic acid, a biomarker of forestry worker exposure to pyrethroid insecticides. *Analytical and bioanalytical chemistry* 2011; 401: 1285–1293.
3. Brouwer R, van Maarleveld K, Ravensberg L, Meuling W, de Kort W, van Hemmen JJ. Skin contamination, airborne concentrations, and urinary metabolite excretion of propoxur during harvesting of flowers in greenhouses. *American journal of industrial medicine* 1993; 24: 593–603.
4. Lu JL. Acute pesticide poisoning among cut-flower farmers. *Journal of environmental health* 2007; 70: 38–43.
5. Cabizza M, Dedola F, Satta M. Residues behavior of some fungicides applied on two greenhouse tomato varieties different in shape and weight. *Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes* 2012; 47: 379–384.

- Articles décrivant une méthode analytique ou étude de toxicologie expérimentale (N=8)

1. Barahona F, Gjelstad A, Pedersen-Bjergaard S, Rasmussen KE. Hollow fiber-liquid-phase microextraction of fungicides from orange juices. *Journal of chromatography. A* 2010; 1217: 1989–1994.
2. Christensen HB, Poulsen ME, Rasmussen PH, Christen D. Development of an LC-MS/MS method for the determination of pesticides and patulin in apples. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment* 2009; 26: 1013–1023.
3. Soparawalla S, Tadjimukhamedov FK, Wiley JS, Ouyang Z, Cooks RG. In situ analysis of agrochemical residues on fruit using ambient ionization on a handheld mass spectrometer. *The Analyst* 2011; 136: 4392–4396.
4. Huang CF, Liu SH, Lin-Shiau SY. Pyrrolidine dithiocarbamate augments Hg(2+)-mediated induction of macrophage cell death via oxidative stress-induced apoptosis and necrosis signaling pathways. *Toxicology letters* 2012; 214: 33–45.
5. Jorgensen H, Brandt K, Lauridsen C. Year rather than farming system influences protein utilization and energy value of vegetables when measured in a rat model. *Nutrition research (New York, N.Y.)* 2008; 28: 866–878.
6. Richards NL, Mineau P, Bird DM. A risk assessment approach to DDE exposure based on the case of the eastern screech-owl (Megascops asio) in apple orchards of southern Quebec,Canada. *Archives of environmental contamination and toxicology* 2005; 49: 403–409.
7. Stuart IA, Ansell RO, MacLachlan J, Bather PA. Surface partitioning studies of N-methylcarbamate-treated post-harvest crops using SFE-HPLC-postcolumn reaction-fluorescence. *The Analyst* 1999; 124: 275–280.
8. Root T, Tattari S, Rantavaara A. Northern conditions influencing the selection of countermeasures after radioactive fallout in Finland. *Journal of environmental radioactivity* 2005; 83: 359–370.

Articles ajoutés à la lecture des précédents et par les experts du groupe (N=7)

1. Berthet A., Heredia-Ortiz R., Vernez D., Danuser B., Bouchard M. (2012) A detailed urinary excretion time course of captan and folpet biomarkers in workers for the estimation of dose, main route-of-entry and most appropriate sampling and analysis strategies. *Annals of Occupational Hygiene* 2012; 56(7):815-28.
2. Dupupet J.L., Adjémian A., Grillet J.P., Garnier R. (2010) Étude d'ergoexpologie aux fongicides dithiocarbamates auprès de professionnels et de trois secteurs agricoles. ScienceDirect. Archives des maladies professionnelles et de l'Environnement ; 71 :638-643.
3. Iwata Y., Knaak JB., Spear RC., Foster RJ. Worker reentry into pesticide-treated crops. 1. Procedure for the determination of dislogeable pesticides residues on foliage. Bull. Enviro. Contam. Toxicol. 1977; 18:649-655.
4. Hansen JD., Schneider BA., Olive BM., Bates JJ. Personnel safety and foliage residue in an orchard spray program using azinphosmethyl and captan. Arch Environ Contam Toxicol. 1978;7(1):63-71.
5. Ramwell CT, Johnson PD, Boxall AB, Rimmer DA. Pesticide residues on the external surfaces of field crop sprayers: occupational exposure. Ann Occup Hyg. 2005 Jun;49(4):345-50. Epub 2005 Jan 13.

6. Zweig G., Leffingwell JT., Popendorf W. The relationship between dermal pesticide exposure by fruit harvesters and dislodgeable foliar residues. J Environ Sci Health B. 1985 Feb;20(1):27-59. Bull Environ Contam Toxicol. 1986 May;36(5):693-700.
7. Stamper JH, Nigg HN, Queen RM. Prediction of pesticide dermal exposure and urinary metabolite level of tree crop harvesters from field residues. Bull Environ Contam Toxicol. 1986 May;36(5):693-700

Annexe 2 : Revue de littérature internationale en sciences humaines et sociales

Cette partie a été rédigée par Nathalie Jas et Joëlle Lallemand et a bénéficié pour la lecture de certains articles de la collaboration de Catherine Laurent

1 Introduction

Ce travail s'inscrit dans l'étude de cas « réentrée en arboriculture » choisie par le GT pour appréhender les enseignements qu'il était possible de tirer de la littérature étrangère, impossible à examiner dans son intégralité.

L'arboriculture fruitière a été retenue car c'est un secteur très vaste, regroupant les fruits à pépins et à noyau, mais aussi les agrumes et les fruits tropicaux qui présentent des problématiques agronomiques et sociales très différentes. Le fait qu'une culture soit indigène ou introduite pèse aussi fortement sur les pratiques phytopharmaceutiques (les cultures introduites ont été importées avec leurs parasites mais pas avec les prédateurs permettant de les réguler, elles ont de plus rencontré sur place de nouveaux parasites). Enfin, l'accompagnement technique et social varie selon les pays. Les problèmes en matière de prévention et de gestion des risques pour les travailleurs ainsi qu'en matière de réparation se complexifient encore quand plusieurs pays sont impliqués : celui de l'exploitant, celui de l'exploitation, celui des travailleurs, celui des entreprises phytopharmaceutiques, celui des entreprises de fruits. Les tâches de réentrée que ce soit après les traitements dans les vergers ou après les traitements post-récolte (pour la conservation) sont très nombreuses. Cependant l'exposition des personnes travaillant dans les vergers après les traitements ou au conditionnement des fruits est mal connue.

D'après le rapport sénatorial Gousseau (2006), **l'arboriculture française occupe le 3e rang européen**. **La culture de la pomme vient largement en tête avec 57 % des surfaces**. En 2004, la filière a produit 3,5 millions de tonnes de fruits dont 1,6 de pommes. **La moitié de ces fruits sont destinés à l'export**. La majorité des exploitations sont petites et spécialisées (monofruit). Le secteur emploie une main-d'œuvre importante, environ 20 % du nombre total de salariés agricoles. **Cette main-d'œuvre est constituée à 39 % de saisonniers**. Les travaux les plus importants sont la récolte, suivie par la taille puis le conditionnement des fruits. Selon, le rapport Ecophyto 2018, (Butault *et al.*, 2010), l'arboriculture est en France le secteur consommant le plus de pesticides**. L'IFT (indice de fréquence de traitement) moyen est de 17,3 et atteint 36,5 pour la pomme**. Les dépenses de pesticides par hectare sont en moyenne de 590 € et atteignent 1 267 € pour la pomme. D'après la fiche arboriculture ANEFA (Anon, 2014), 11,7 % des surfaces fruitières sont cultivées en bio.

L'utilisation très importante de pesticides en arboriculture fruitière conduit à des pollutions environnementales. D'après certaines enquêtes qui ne portent pas sur la France, ce serait le type de culture contribuant le plus à la pollution des cours d'eau (Brown *et al.*, 2007), notamment à cause des traitements « dormants » rapidement lessivables par les pluies d'hiver (Epstein *et al.*, 2001). De même, pour l'air, une étude canadienne a montré que les régions de vergers montraient les plus forts niveaux d'insecticides (Yao *et al.*, 2008). L'exposition des personnes travaillant en arboriculture fruitière a fait l'objet de travaux en santé publique, épidémiologie et expologie dont une partie a été explorée, dans le cadre de cette étude cas, par la revue de littérature réalisée par Isabelle Baldi et Paola Villaverde sur l'exposition dans le cadre des tâches de réentrée (*cf.* annexe 1). Le présent travail a pour **objectif de rendre compte de la revue de la littérature existante en sciences économiques et sciences humaines et sociales qui traite de l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides en réentrée en arboriculture.**

2 Méthode de recherche et identification des références

2.1 Bases de données

Nous avons effectué des recherches sur les bases suivantes

- Cairn
- EconLit, International Political Science Abstracts, Political Science Complete, SocINDEX (interrogées ensemble)
- Jstor Sciences Sociales
- E-Literature

Google Scholar et Google ont été utilisés pour des recherches de proche en proche et d'éventuelles publications de littérature grise.

2.2 Requêtes

Nous avons testé différentes requêtes pour chaque base de données et avons retenu au final celles qui donnaient le plus de résultats pertinents.

2.3 Types d'études retenues

Nous avons retenu tous les articles parlant d'exposition de personnes travaillant en arboriculture. Nous avons exclu les articles//chapitres d'ouvrage parlant explicitement de l'exposition des seuls préparateurs et applicateurs, c'est-à-dire réalisant des tâches exposantes qui ne sont pas des tâches de réentrée. Nous avons exclu aussi les articles ne parlant que des effets. Nous avons inclus les articles parlant de l'exposition des personnes travaillant en arboriculture sans spécifier les tâches effectuées, ainsi que les articles traitant des personnes travaillant en arboriculture qui distinguaient les différentes tâches dans la mesure où ils questionnaient des situations de travail en vert, de cueillette/récolte, de tri et de conditionnement.

Toutes les personnes (et leurs familles) exerçant une activité dans l'arboriculture, y compris les travailleurs occasionnels et les personnes travaillant dans des usines de conditionnement des fruits ont été retenues.

Il n'y a pas eu de limitation dans le champ géographique.

3 Résultats

Tableau 12 : Nombre de résultats obtenus avec les différentes requêtes bibliographiques exécutées

Bases	Requêtes	Résultat brut	Retenus après lecture des titres et résumés	Retenus après lecture
Cairn	\"arboriculture+fruitière\"++ET+\"pesticides\" (dans le texte intégral)	17	3	0
EconLit *et al.*	Fruits AND Pesticides	52	14	5
EconLit *et al.*	Pesticides AND harvest AND exposure	2	1	1
EconLit *et al.*	Reentry	2	0	0
JSTOR	pesticides AND fruits AND exposure AND workers	259	18	7
JSTOR	pesticides AND reentry	64	9	5
E-Literature	(pesticide OR insecticide OR herbicide OR fungicide) AND TOPIC: (mango OR guava OR letchis OR banana OR orange OR lime OR apricot OR pome OR apple OR pear OR peach OR olive) AND TOPIC: (exposure)	820	30	15
De proche en proche ou par connaissances personnelles				6

Après élimination des doublons, **nous avons finalement retenu 22 articles ou chapitres d'ouvrages**. Il est à noter qu'à deux reprises deux articles sont quasiment identiques et qu'à une reprise deux articles se recoupent en partie. Il est à noter que si nous avions inclus les références concernant les applicateurs seulement et les articles portant sur des régions qui ne spécifiaient pas les cultures mais où l'arboriculture fruitière est importante, telles que la Floride ou la Californie, nous aurions obtenu un nombre de références significativement plus important.

Les résultats sont ceux que nous avons stabilisés le 19 octobre 2014. Les bases que nous utilisons offrent souvent plusieurs bouquets aux institutions qui y souscrivent. Interroger la même base dans des institutions différentes peut donc donner des résultats très différents. Par ailleurs, le contenu des bouquets peut changer au cours du temps ce qui conduit à ce que la même requête au sein de la même institution réalisée à des périodes différentes puisse donner des résultats différents.

Nous pensons avoir obtenu un résultat assez fidèle de ce qui est contenu dans la littérature. **Cependant ce travail pourrait être développé dans trois directions au moins, mais cela aurait demandé beaucoup plus de temps et/ou de réunir des compétences que nous ne possédons pas**. Premièrement, l'aspect encadrement réglementaire aux États-Unis de la réentrée

qui est ancien et qui a varié au cours du temps : nous avons identifié des articles développant cette question. Cependant nous n'avons pas exploré la littérature juridique qui la décrypte, ce qui nécessiterait l'accès à des bases spécifiques et des compétences de juriste. Deuxièmement, il apparaît que toute une littérature portant sur les salariés migrants dans l'arboriculture nord-américaine et dans une moindre mesure d'Amérique latine et de certains pays asiatiques – incluant aussi dans ces deux derniers cas les petits exploitants –, a été produite par le champ de la santé publique, interdisciplinaire par nature. Nous avons fait un premier gros travail pour identifier les travaux intéressants du point de vue des sciences sociales qui s'inscrivent dans ce champ. Cependant ce travail mériterait d'être approfondi, notamment à partir d'un travail spécifique sur la base Medline qui peut contenir des travaux s'inscrivant dans le champ de la santé publique pouvant être considérés comme des travaux de sciences humaines et sociales. Troisièmement, trois références sont des chapitres de livres que nous avons identifiés par connaissance personnelle mais qui n'apparaissent pas dans les bases de données. Il n'est absolument pas exclu que des chapitres intéressants se trouvent dans des ouvrages collectifs qui ne sont pas référencés dans les bases. De la même manière, il existe un nombre conséquent de livres et de la littérature grise (rapports d'enquêtes commissionnées par des institutions notamment) produits à partir des années 1970 portant sur les travailleurs agricoles dans l'agriculture états-unienne et en Amérique centrale et latine qui mériteraient probablement d'être étudiés. Cependant ce travail pose des problèmes d'accès aux travaux (accès à des bibliothèques nord-américaines) et un investissement conséquent en temps (le temps de lecture des ouvrages et rapport de littérature grise est beaucoup plus long que celui nécessaire pour les articles).

Enfin, parce qu'ils contenaient des informations intéressantes, **des travaux non retenus pour la revue de littérature parce qu'ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion ont été utilisés dans l'écriture de ce rapport. Les références de ces travaux sont données en note de bas de page. Les références données entre parenthèses correspondent aux articles retenus pour la revue**.

3.1 Caractéristiques des travaux retenus

Les travaux retenus portent essentiellement sur les États-Unis (12 références) et l'Amérique centrale et latine (10 références). Parmi les articles portant sur les États-Unis, 2 articles traitent de l'État de l'Oregon, 4 de l'État de Washington, 2 de l'État de Californie, 1 de l'État de Floride, les autres ne spécifient pas le territoire. Parmi les références concernant l'Amérique centrale et latine, 2 portent explicitement sur le Chili, 3 sur le Costa Rica, 1 sur le Honduras, 2 sur le Nicaragua. Par ailleurs 2 références discutent de la Thaïlande et une référence de l'Afrique de l'Ouest. Certains articles font référence à plus d'un pays.

Corrélativement, les populations qui sont étudiées dans ces articles sont des populations vulnérables ayant peu de ressources économiques et sociales : travailleurs salariés saisonniers ou permanents migrants, (très) petits exploitants essentiellement. Les « employeurs » et leurs positionnements et attitudes peuvent être discutés. « L'État », en tant que producteur de réglementations et politiques publiques, de même que certaines multinationales de l'industrie phytopharmaceutique ou des grandes entreprises des fruits apparaissent aussi.

Le plus souvent les cultures ne sont pas spécifiées dans les références retenues. **Les cultures de la banane (Amérique centrale, Afrique de l'Ouest), des pommes (USA), des oranges (Californie) et des litchis (Thaïlande) sont traitées plus spécifiquement dans certaines références.**

Les références retenues traitent rarement d'une ou de substance(s) en particulier même si, au sein des articles ou chapitres d'ouvrage, se trouvent des passages consacrés à certains groupes de substances (ex. organophosphorés) ou produits spécifiques (ex. paraquat). Il est cependant à noter que toute une série d'articles portent spécifiquement sur l'utilisation, aux conséquences dramatiques, du DBCP dans la culture de la banane en Amérique centrale et en Afrique de l'Ouest entre la fin des années 1960 et le milieu des années 1980 et les nombreux procès ou tentatives

d'action en justice qui ont eu lieu depuis lors aux USA et dans les pays d'Amérique centrale concernés.

Aucune référence ne porte sur des pays européens et les situations et problèmes analysés dans les documents rassemblés résultent, pour une grande part, de configurations politiques et sociales pas ou peu présentes en Europe et en France plus particulièrement**. L'essentiel des travaux provient en effet de l'existence d'un important salariat permanent ou saisonnier migrant (USA), migrant ou local (Amérique centrale) qui est certes en situation extrêmement vulnérable, mais souvent organisé au moyen de syndicats et/ou pris en charge par des organisations non gouvernementales qui cherchent à mettre en évidence des problèmes de santé liés à l'exposition aux pesticides de ce salariat – et plus généralement à leurs conditions de travail**. Cet engagement d'organisations syndicales et d'ONG a engendré des mobilisations, des actions en justice et de l'action publique qui ont attiré l'attention des chercheurs en sciences sociales qui se sont intéressés à l'exposition de ces populations de travailleurs en arboriculture. Si les travailleurs saisonniers, migrants ou non, sont aussi présents dans les exploitations d'arboriculture fruitière en France, ils ne sont pas aussi organisés et n'ont pas une tradition importante et ancienne de mobilisation. De même, le soutien qui peut être apporté par des organisations militantes à ces travailleurs est beaucoup moins visible et n'a qu'exceptionnellement attiré l'attention de chercheurs en sciences sociales (Décosse, 2013). Par ailleurs, dans une moindre proportion, certains documents font référence à des situations d'intensification rapide et récente de la production dans des pays en voie de développement ou émergents – dans des contextes donc très différents de ceux qu'il est possible de trouver en France.

Cette littérature apporte quelques informations sur les pratiques et le travail réel. Elle traite des mobilisations, des réglementations et des politiques publiques et de leur (non) mise en œuvre, des actions en justice pour obtenir réparation dans les contextes des relations asymétriques entre « *global south* » et « *global north* », du rôle des standards privés dans la protection des salariés ou des petits exploitants, des perceptions des risques et des possibilités de prévention des risques.

3.2 Les pratiques

L'arboriculture fruitière est un grand très utilisateur de pesticides non seulement en France mais aussi dans les autres régions du monde (Murphy-Greene, 2002 ; Jansen, 2004). Ceci s'explique en partie par la nature pérenne des cultures permettant la survie des pestes d'une année sur l'autre, et donc une pression parasitaire importante. Cela est aussi dû à la valeur plus importante des produits commercialisés par rapport aux grandes cultures qui peut permettre de plus fortes dépenses sur les pesticides et peut inciter à traiter plus. Enfin, les fruits subissent des traitements spécifiques en dehors des classiques herbicides, insecticides et fongicides : éclaircissages chimiques, inducteurs de floraison, de maturation, et autres régulateurs de croissance, mais aussi coloration chimique de la chair ou de la peau des fruits, traitements post-récolte … Pour les pommes, en France, la base de données e-phy recense 41 de ces produits. Enfin, la sensibilité des cultures aux maladies est aggravée par la base génétique étroite des variétés commercialisées (notamment pour la banane et la pomme).

Dans les références retenues, trois articles de sciences économiques s'intéressent à certaines pratiques et à leurs déterminants. Les trois portent sur la culture de la pomme aux USA. Ce sont des études de cas théoriques qui reposent sur des données plus ou moins incomplètes (dont les limites sont dans les trois cas discutées). Hubbell et Gerald (1998), en mobilisant des données très détaillées issues de l'enquête de 1991 de l'USDA « Fruit and Nuts Chemical use Survey » – qui montrent que les USA collectent des données précises sur l'utilisation de pesticides –, analysent les déterminants de l'utilisation d'insecticides (17 produits inclus) dans la culture de la pomme. Ils montrent, entre autres, que le délai de réentrée, c'est-à-dire la durée après le traitement pendant laquelle il est interdit de rentrer dans le verger ou de manipuler les fruits afin de limiter les risques

d'exposition, est une variable significative dans le choix d'un insecticide et interrogent aussi le critère de dangerosité pour la santé des opérateurs.

Lichtenberg, Robert, Spear et Zilberman (1993) produisent quant à eux une modélisation économique de la réentrée dans la culture de la pomme qui fait ressortir : 1) qu'en termes de revenu le respect d'un délai de réentrée peut conduire à une réduction des bénéfices économiques (pour la pomme en Californie par ex., le prix peut décroître au fil de la saison) ; 2) que le délai de réentrée peut conduire les agriculteurs à décider de faire des traitements préventifs systématiques juste à T0 – délai de réentrée pour récolter à T0 et éliminer les risques d'infestation et la diminution du volume de récolte qui pourrait en résulter ; 3) que le délai de réentrée peut conduire les agriculteurs à décider de rentrer dans leurs parcelles avant la fin du délai de réentrée, prenant ainsi pour eux et/ou leurs employés un risque avéré – puisque le délai de réentrée a été fixé réglementairement pour limiter le risque d'exposition – pour leur santé. Les auteurs soulignent enfin que, du point de vue de l'économie, la situation serait améliorée si les délais de réentrée pouvaient être plus flexibles de façon à autoriser des réductions de délais permises par certaines conditions climatiques.

Enfin Lichtenberg (1997) réalise une étude de cas théorique pour savoir si les exigences cosmétiques (apparence des fruits) conduisent à une utilisation plus importante de pesticides dans la culture de la pomme. Le modèle qu'il développe permet de conclure que les critères cosmétiques induisent une augmentation de l'utilisation de pesticides si les fruits sont vendus en lots mélangés alors qu'il n'y a pas d'augmentation s'ils sont vendus en lots homogènes.

Un seul document de sciences sociales s'intéresse directement aux pratiques (Methaphat, 2010). C'est une communication réalisée à partir des résultats obtenus dans le cadre d'une thèse en santé publique. Elle porte sur la culture de fruits dans la province de Rayong en Thaïlande et interroge là aussi l'influence de l'exigence cosmétique (apparence des fruits) des marchés sur l'utilisation de pesticides. L'auteur conclut à une augmentation de l'utilisation de produits. Pour répondre à cette exigence, les producteurs font de nombreux traitements insecticides, utilisent des hormones pour allonger les pédoncules des fruits et des produits chimiques pour colorer leur chair, ce qui augmente les risques d'exposition pour les producteurs et leurs employés.

Les autres références en sciences humaines et sociales ne se sont pas spécifiquement intéressées aux pratiques de travail, encore moins aux pratiques concernant le travail en vert, la récolte, le tri, le conditionnement. Dans les travaux retenus, ces tâches apparaissent le plus souvent dans le cadre du traitement d'autres problématiques : (non-) respect des réglementations, perception des risques, conception et mise en œuvre de standards privés.

Dans les articles que nous avions initialement identifiés et que nous n'avons pas retenus car ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion se trouvent cinq articles qui portent plus ou moins directement sur les pratiques. Ces articles s'intéressent aux pratiques moins consommatrices en pesticides mais ils ne questionnent en rien les problématiques de santé des travailleurs – et encore moins l'exposition. Les trois premiers articles sont des articles de sciences économiques écrits par la même auteure qui présentent les mêmes résultats avec pour seule variation le cadrage théorique (Cazals et Belis-Bergouignan, 2009 ; Cazals, 2009a ; Cazals, 2009b). Ces articles ont pour objectif d'analyser les raisons pour lesquelles des producteurs s'engagent dans des démarches environnementales volontaires (DEV) (en agriculture biologique et en agriculture raisonnée) pour réduire leur utilisation de pesticides. L'analyse repose sur une enquête par questionnaire auprès de 3 500 viticulteurs et arboriculteurs. L'intérêt de ces articles est qu'ils proposent une typologie des différentes DEV et en montrent les grandes variantes – en termes de ressorts et d'exigences.

Le quatrième article (Osti, 1992) discute des avantages et des inconvénients de différentes formes d'organisations coopératives dans la réduction d'usage de pesticides, en comparant trois régions de vergers d'Italie ayant mis en place un programme de réduction des pesticides. L'auteur défend la supériorité de la concertation organisationnelle par rapport aux trois autres modèles d'organisation (solidarité spontanée, compétition dispersée ou coordination hiérarchique d'État). Dans le domaine de l'environnement, ces trois modèles sont considérés respectivement comme inefficaces, injustes et rigides. La concertation organisationnelle au contraire repose sur une

responsabilisation des acteurs qui mettent eux-mêmes en œuvre (après négociation entre les parties) les changements voulus. Ce système est présenté comme plus économique, permettant d'atteindre une cible plus large, et plus efficace. La région ayant mis en place une forme de concertation organisationnelle a un taux d'adhésion au programme bien supérieur aux deux autres, même si l'auteur reconnait qu'au moment de l'enquête il est encore trop tôt pour voir les résultats et qu'il est difficile de comparer des régions si différentes par beaucoup d'autres facteurs.

Le dernier article porte sur la France. Ce n'est pas un article de sciences sociales, mais un article d'agronomie (Simon *et al.*, 2011). Cet article décrit les pratiques dans trois modes de management de vergers de pommiers en France : agriculture conventionnelle, protection intégrée ou « bas intrant » et agriculture biologique. Ces trois modes de culture sont combinés à trois variétés de pommes de sensibilité différente par rapport à la tavelure. Tavelure et carpocapse sont les causes de traitement les plus fréquentes (fongicides et insecticides). Des désherbants sont aussi appliqués ainsi que des éclaircissants chimiques. Les méthodes alternatives sont l'enlèvement des feuilles en automne, l'utilisation de la confusion sexuelle, le désherbage mécanique et l'éclaircissage manuel. Le mode de culture conventionnel a l'IFT le plus élevé (jusqu'à 35,4), la différence étant moins marquée pour la variété Golden Delicious (sensible à la tavelure) suggérant un effet important du cultivar. Ariane et Melrose (tolérantes) en condition bas intrant sont traitées environ moitié moins que Golden Delicious en conventionnelle. Les auteurs recommandent pour des vergers innovants, c'est-à-dire, selon eux, moins consommateurs de produits phytopharmaceutiques : i) l'utilisation de variétés résistantes à la tavelure mais aussi aux pucerons et à d'autres maladies, ce qui demande un effort de recherche en amélioration des plantes, ii) l'observation visuelle et l'utilisation de modèles d'infestation, ce qui demande un certain niveau de connaissance et de formation, iii) l'adoption de pratiques alternatives qui peuvent être proposées par les instituts techniques.

3.3 Mobilisations de salariés

Les mobilisations de salariés dans les exploitations fruitières aux USA et en Amérique latine constituent un objet des documents consultés au cours du travail de revue bibliographique. Une grande partie des travaux trouvés ont été réalisés par des historiens qui se sont intéressés à des mobilisations importantes, visibles, dont une partie des revendications portaient sur l'exposition aux pesticides lors du travail dans les vergers et plantations. Ces mobilisations, qui datent pour certaines des années 1930, montrent l'ancienneté de cette question. Une autre partie des travaux trouvés discutent des actions plus récentes ou actuelles menées par des ONG ou des syndicats de travailleurs pour améliorer la prévention et la protection des travailleurs vis-à-vis des expositions aux pesticides. Nous n'avons au final retenu qu'un seul article (Nash 2004) qui porte sur les mobilisations, tous les autres ne remplissant pas tous les critères d'inclusion : soit les seules tâches d'application des pesticides étaient prises en compte, soit les mobilisations dans des régions ayant un secteur arboricole important étaient analysées mais les secteurs concernés n'étaient pas explicités.

Les plus anciennes mobilisations de salariés décrites dans la littérature consultée sont celles des milliers d'applicateurs de pesticides travaillant dans les bananeraies de l'entreprise *United Fruit Company* au Costa Rica, recrutés pour traiter, avec des systèmes de pulvérisateurs à dos, une peste particulière la « *sigatoka disease* » (Marquardt, 2002). La période couverte va de 1938 à 1968. Outre les difficultés et la dangerosité du travail avec ces applicateurs, l'auteur montre que si ces salariés, à cause de leur âge et appartenance ethnique, n'appartenaient pas au cœur des mobilisations organisées, leur participation aux différentes grèves renforça significativement les mobilisations ouvrières dans les bananeraies, et contribua aussi à amender quelque peu l'utilisation des pesticides.

Les secondes mobilisations importantes ayant fait l'objet d'enquêtes historiques sont celles organisées par le syndicat United Farmworkers (UFW) défendant les travailleurs agricoles migrants latinos en Californie sous l'influence de l'action de Cesar Chavez à la fin des années 1960 et au début des années 1970. Ces mobilisations ont placé en leur cœur la question de

l'exposition aux pesticides, Chavez expliquant ainsi en 1969 que « *The real issue is the danger that pesticides present to farm workers .... We have come to realize.., that the issue of pesticide poisoning is more important today than even wages* ». Ces mobilisations ont avant tout concerné les 30 000 travailleurs du secteur de la production des raisins de table. Leurs succès intermédiaires et leur échec final sont bien analysés dans un article de Robert Gordon (1999). Pour autant, ces mobilisations adviennent après deux décennies de développement de l'utilisation massive de pesticides dans l'agriculture californienne, l'arboriculture en particulier, et auxquels des dizaines de milliers de travailleurs migrants, hispaniques pour beaucoup, ont été exposés – en 1963, 16 000 pesticides sont enregistrés dans l'État de Californie. Un article de Linda Nash (2004) rend compte du coût humain de ce déploiement – les travailleurs mexicains des vergers californiens des années 1950 et 1960 qualifiant ainsi leur travail de « *andando muerte* » que Nash traduit par « *walking death* ». Cet article explicite les raisons pour lesquelles l'exposition des travailleurs migrants aux pesticides dans les vergers californiens et ses effets sur leur santé sont restés très largement invisibles pendant cette période, malgré des accidents importants connus des autorités.

Le premier accident visible par les institutions gérant les risques eut ainsi lieu en 1949, dans la Central Valley près de Marysville, quand 25 personnes chargées de ramasser des poires furent sérieusement malades après être entrées dans un verger qui avait été traité avec du parathion douze jours auparavant. Au mois de septembre 1949, 300 cas d'accidents graves de ce type avaient été transmis au California Department of Public Health – dont deux morts. Nash montre comment les modèles de la médecine moderne et des facteurs culturels ont contribué à rendre invisibles les problèmes d'empoisonnements aux pesticides. De 1901 à 1970, le département de l'agriculture était seul en charge de la réglementation sur les pesticides en Californie, avec des agronomes non compétents en santé publique ou médecine. Par ailleurs, la médecine de l'époque se focalisait sur l'individu isolé, coupé de son environnement. Après le premier empoisonnement de masse en 1949, des statistiques ont été tenues à jour. En 1963, l'agriculture comptait 50 % de plus d'accidents du travail que n'importe quelle autre industrie (Knaak *et al.*, 1989), malgré une très forte sous-déclaration des accidents. Les premiers experts en santé du travail pour le secteur agricole ont été confrontés à l'imprévisibilité des risques : le taux de résidus était dépendant de multiples variables climatiques, du type de sol et du type de culture et même de la variété cultivée. D'un autre côté, le « matériel humain » était aussi insaisissable : les travailleurs étaient essentiellement migrants, et leurs réponses physiologiques individuelles aux pesticides éminemment variables. Enfin, beaucoup d'officiels ont dû reconnaître que le problème des pesticides était une affaire autant politique que médicale. Par ailleurs, pendant les années 1950 et 1960, le problème des résidus pour les consommateurs a été beaucoup plus étudié que celui des expositions des travailleurs. D'une part, la vision des médecins selon laquelle le corps pouvait être protégé de l'environnement en faisant barrage aux « circuits d'exposition » suggérait que ceux-ci passaient par des entrées comme les orifices naturels du corps plutôt que par la peau, plus difficile à protéger. D'autre part, la différence sociale entre consommateurs blancs et travailleurs d'origine mexicaine explique en grande partie ce phénomène. Finalement, vers la fin des années soixante, le problème de l'exposition des travailleurs arrive dans la conscience publique et dans le débat politique. Grâce au syndicat des travailleurs, l'UFW (United Farm Workers) – dirigé par Chavez – qui montre les conditions difficiles des travailleurs agricoles, des réglementations spécifiques sont adoptées.

Des mobilisations de salariés agricoles migrants latinos visant l'exposition professionnelle aux pesticides ont eu lieu dans d'autres États américains et ont pu être étudiées comme celles qui ont eu lieu au Texas dans les années 1960, 1970, 1980 (Néraud, 2010), où des initiatives plus récentes qui sont apparues dans des articles de presse ou des documents produits par des ONG (Hightower, 2002). Cependant, les situations de travail exposantes ne sont pas décrites suffisamment précisément pour que nous puissions inclure ces travaux dans cette revue.

3.4 Les procès DBCP

Une mobilisation particulière se détache et a été particulièrement bien étudiée : celle qui a conduit des dizaines de milliers d'ouvriers agricoles travaillant dans des bananeraies de différents pays d'Amérique latine dans les années 1960, 1970 et 1980 et exposés au DBCP, un désinfectant des sols, à engager des actions en justice contre les multinationales américaines (Dow et Shell) ayant fabriqué et commercialisé des produits en contenant et continué à les vendre à l'étranger alors même que le produit avait été interdit aux USA. **La visibilité de ces actions en justice, leur nombre important, la durée de ces mobilisations – qui ont commencé pour les premières au milieu des années 1980 et qui ne sont toujours pas finies – ont attiré l'attention de chercheurs en sciences sociales – mais aussi en santé publique**. Nous avons retenu au final quatre références qui correspondent aux critères d'inclusion **–** dont deux que nous avons identifiées par nos propres connaissances. Il est à noter que deux références ont pour auteure ou co-auteure S. Rankin Bohme.

Les chapitres de S. Rankin Bohme (2012) et d'E. Bingham et C. Monforton (2013) montrent, entre autres, que des connaissances importantes sur les effets négatifs sur la fertilité masculine avaient été développées par les firmes fabriquant le DBCP dès les années 1960 et que les firmes avaient réussi à minorer ces effets pour obtenir l'homologation. **Ces chapitres, en particulier celui de Rankin Bohme (2012), explicitent aussi le travail réalisé auprès des agences de régulation américaines pour qu'elles puissent continuer à exporter leurs produits alors même qu'ils faisaient l'objet de restrictions de plus en plus importantes aux USA – jusqu'à être entièrement interdits**. Ils montrent, entre autres, comment les firmes ont négocié des autorisations de niveaux de résidus de DBCP sur les bananes aux États-Unis qui permettaient de continuer son utilisation dans les pays producteurs d'Amérique latine. **Rankin Bohme défend ainsi l'idée que des réglementations et des décisions états-uniennes ont contribué à favoriser l'exposition d'ouvriers des plantations d'Amérique latine au DBCP alors même que le produit ne pouvait plus être utilisé aux USA.**

Rosenthal (2004), Rankin Bohme (2012) et Boix étudient les actions en justice aux USA et dans les pays où ont eu lieu les expositions. V. Boix, et S. Rankin Bohme (2012) interrogent le décalage temporel entre les premiers cas repérés d'infertilité chez les ouvriers de la banane (dès les années 1960) et la première action en justice qui ait abouti (2007) à une condamnation, par la suite invalidée. Les auteurs montrent les différentes stratégies utilisées par les multinationales pour éviter que les procès n'aient lieu, les retarder et faire invalider les décisions. Rosenthal (2004) et Rankin Bohme (2012) interrogent dans le détail une stratégie particulière : le recours au *Forum non conveniens* – c'est-à-dire au fait que la juridiction n'était pas adaptée – par les tribunaux américains à la demande des avocats des multinationales. Les tribunaux américains auprès desquels les plaintes des ouvriers ont été déposées se déclarent ainsi comme n'étant pas adaptés au traitement de la plainte et refusent de la traiter. Les deux chapitres défendent ainsi l'asymétrie entre la quasi-impossibilité pour les ouvriers d'Amérique latine d'accéder à la justice et à la réparation aux États-Unis et le fait que les dispositifs réglementaires américains aient contribué à favoriser l'exposition de ces ouvriers. Rankin Bohme (2012) analyse en plus le mouvement national qui a eu lieu récemment au Nicaragua et qui a conduit ce pays à adopter une loi spécifique pour les victimes du DBCP qui considère que les compagnies américaines avaient connaissance des dangers posés par le DBCP alors qu'elles le vendaient et qui impose une indemnisation obligatoire lorsque le plaignant peut prouver à la fois son exposition et sa stérilité (jusqu'à 100 000 dollars pour une stérilité totale). Dow et Shell organisèrent un important lobbying pour que l'État américain fasse pression sur l'État du Nicaragua pour faire annuler la loi – pressions qui n'eurent pas de succès. Les premières condamnations importantes pour un montant total de 489 millions de dollars ne signifient cependant pas que les ouvriers aient été indemnisés dans la mesure où les multinationales ne possèdent que peu d'actifs au Nicaragua. **L'escalade qui s'ensuivit conduit l'État du Nicaragua et Shell devant un tribunal privé financé par la Banque mondiale (l'International Center for Settlement of Investement Dispute) – une situation plus qu'ironique pour Rankin Bohme puisqu'un État-nation se retrouve devant un tribunal privé à cause d'une multinationale qui refuse de se soumettre aux décisions prises**

par son système judiciaire.

De manière plus récente**, et sans plus de succès, des ouvriers de la banane d'Afrique de l'Ouest rendus stériles par le DBCP** cherchent aussi à construire des actions en justice (Sissel, 2006).

3.5 Les réglementations publiques

Les mobilisations des salariés migrants mexicains et latinos et le soutien des ONG ont eu pour conséquence le développement aux États-Unis depuis les années 1970 de législations visant à protéger la santé des travailleurs agricoles exposés aux pesticides. Ces législations combinent des textes fédéraux et des textes produits par les États. Ces textes varient donc suivant les différents États **mais reposent sur certains fondamentaux : délais de réentrée, obligation d'informer précisément les travailleurs sur les produits avec lesquels les champs, les vergers ou les plantations où ils travaillent ont été traités, formation des travailleurs (comment limiter les expositions dans le travail en vert, la récolte etc.), fourniture de matériel de protection, dispositifs pour limiter les épandages quand les travailleurs sont dans les champs/vergers/plantations ou dans des champs/vergers/plantations proches.**

Nous avons trouvé des travaux qui analysent d'une manière ou d'une autre cette production réglementaire états-unienne dans l'ensemble des secteurs agricoles. Nous n'avons finalement retenu que deux références qui répondaient à l'ensemble des critères d'inclusion – c'est-à-dire portant sur le secteur arboricole et évoquant les tâches de réentrée. Cependant, nous considérons qu'il y aurait un grand intérêt à conduire une revue de littérature approfondie sur les travaux de juristes analysant la production réglementaire américaine visant à limiter l'exposition des travailleurs agricoles aux pesticides – et plus généralement à protéger les travailleurs des pesticides.

La première des références que nous avons retenue (Knaak *et al.*, 1989) est un chapitre d'ouvrage qui présente la situation californienne, en décrivant les empoisonnements qui ont eu lieu dans les vergers d'agrumes californiens (plusieurs centaines officiellement déclarés entre 1949 et 1986 ; Nash, 2004) et **en indiquant comment les réglementations californiennes sur la réentrée ont évolué depuis les années 1970**. En 1972, ces incidents ont conduit à l'adoption de lois sur la sécurité des travailleurs établissant des intervalles de réentrée dans les champs traités avec des organophosphorés. En 1974, le dialifor a été interdit. À partir de 1977, on s'est aperçu que les accidents avaient été causés par la présence de résidus dans la poussière, montrant l'insuffisance des critères de réentrée basés sur le taux de résidus foliaires. Le reste de l'article, très technique, expose des techniques de calcul de niveau d'exposition acceptable tenant compte de l'effet en fonction de la dose, du taux de transfert des résidus vers le corps et du taux de résidus en fonction du temps. Deux exemples sont travaillés, ceux du chlorthiophos et du carbosulfan.

La seconde référence (Murphy-Greene, 2002) **que nous avons retenue cherche d'une part à décrire les dispositifs réglementaires et d'autre part, sur la base d'une enquête de terrain auprès de travailleurs agricoles, la mise en œuvre des réglementations**. L'article investigue la situation dans l'État de Floride à la fin des années 1990. Il repose pour la partie « enquête auprès des travailleurs agricoles » sur 109 entretiens approfondis auprès de travailleurs de deux comtés du sud de la Floride qui ont pu être approchés grâce à des ONG travaillant localement – l'observation sur les exploitations étant impossible. Ce travail d'enquête est aussi mobilisé dans un second article (Murphy-Greene et Leip, 2002) – non retenu car il ne mentionne nulle part le « secteur arboricole/fruits » –, article qui inclut aussi un autre terrain, 78 entretiens supplémentaires réalisés dans un comté du nord de la Floride, et qui détaille encore plus les dispositifs juridiques. Les travaux de Murphy-Greene défendent deux idées importantes.

D'une part, **ils montrent que les ouvriers agricoles bénéficient d'un droit moins protecteur que les ouvriers des industries parce qu'une série de dispositions les exclut de la**

surveillance de l'OSHA[3] et des réglementations qui en dépendent pour les placer sous d'autres juridictions – notamment celle de l'EPA – qui n'a ni les compétences de l'OSHA en matière de protection des ouvriers, ni de dispositifs aussi protecteurs. Par ailleurs les dispositifs réglementaires sont associés à de multiples systèmes d'exemption (par exemple pour les entreprises de moins de 15 salariés) qui en diminuent la portée. **D'autre part, l'enquête de Murphy-Greene montre que les dispositifs existants ne sont pas mis en œuvre par les employeurs et que l'État de Floride ne dispose pas des moyens nécessaires pour contrôler cette mise en œuvre.** Notamment la formation est très souvent inadaptée – donnée au moyen de documents écrits alors que le niveau d'éducation des ouvriers est peu élevé et/ou dans une langue non maîtrisée par les ouvriers –, les informations sur les produits utilisés dans les champs et les vergers dans lesquels les ouvriers travaillent ne sont que rarement fournies, les moyens d'hygiène et de protection ne sont pas mis à disposition.

Nous avons aussi retenu un article qui s'intéresse à un programme public thaïlandais visant à diminuer l'utilisation de pesticides. Pour P. Shreinemacher (2012), les standards de bonne pratique agricole GAP mis en place par le gouvernement thaïlandais n'ont pas eu les effets escomptés pour ce qui concerne l'utilisation de pesticides. Ce travail s'appuie sur des entretiens auprès de responsables du programme et de son contrôle ainsi que de manageurs (N=295) de vergers. Les résultats montrent que ceux qui respectent les bonnes pratiques n'utilisent ni moins de produits, ni des produits moins dangereux. Ceci peut s'expliquer par une extension trop rapide du programme avec une mauvaise compréhension de ses objectifs par les exploitants et par un contrôle insuffisant. Par ailleurs, d'après l'auteur, le programme se focalise trop sur les conséquences (ici les résidus) plutôt que sur l'utilisation des pesticides elle-même – et ne pose donc pas la question de la protection des travailleurs agricoles.

3.6 Standards privés

Outre les dispositifs mis en place par l'État pour limiter l'exposition des travailleurs, les références que nous avons retenues interrogent le rôle des standards privés – c'est-à-dire produits par des acteurs privés, firmes, filières, ONG, etc. – visant à garantir certains niveaux de qualité, notamment en termes de résidus de pesticides sur les fruits, dans la protection des ouvriers. Trois références discutent de ce point dont deux reposent sur la même enquête.

C. Bain (2006 et 2010) s'intéresse au rôle du standard EUREP (aujourd'hui Global G.A.P), produit par l'association des supermarchés européens, **au Chili**. Dans ce pays, l'effort pour atteindre les standards sévères de qualité pour l'exportation de fruits et légumes frais a conduit à l'usage intensif de produits chimiques avec des conséquences sur la santé des travailleurs agricoles,

[3] Sur l'origine de cette disposition et ses conséquences voir « Interpreting OSHA's Pre-Emption Clause: Farmworkers as a Case Study », *University of Pennsylvania Law Review*, 128, 6 (Jun., 1980), 1509-1542. L'article n'a pas été retenu dans la revue de littérature car il ne mentionne le travail en vert et en réentrée . que dans une note de bas de page, cependant significative « *Although EPA does not keep precise data on the number of FIFRA investigations involving farmworkers, it is clearly a small percentage. The majority of EPA's enforcement activities focus on inspection of producer and marketplace establishments. Fewer resources are devoted to "use inspections." This category is further broken down into "use observations," "experimental-use observations," and "misuse investigations" which are based on complaints. Approximately half of use inspections involve agricultural use, and the rest involve pest control in homes and buildings. Many of the agricultural misuse investigations involve complaints not dealing directly with farmworkers; for example, failure to comply with the required waiting period between the last spraying and the harvesting of fruits is a frequent complaint ». Conversation with John Ulfelder, EPA Office of Enforcement (April 3, 1980*). (p. 1541).

particulièrement des femmes[4]. Certains auteurs pensent que des standards de responsabilité sociale amélioreraient la condition des travailleurs. Cet article montre que ces standards traitent mal les problèmes de santé et de sécurité des travailleurs femmes. **Ces standards sont certes les premiers à prendre en compte les conditions des travailleurs et ont en effet bénéficié à certains d'entre eux, principalement aux travailleurs permanents masculins. En se focalisant sur les préparateurs et applicateurs de pesticides, les critères ont négligé les contaminations par dérive de produits ou par des réentrées en champ trop précoces. Le fait que les récoltes soient essentiellement assurées par des travailleurs temporaires chez lesquels se rencontrent la majorité des travailleurs femmes rend celles-ci particulièrement exposées.** Et, en effet, sur les 246 empoisonnements par pesticides recensés officiellement en 2004, 90 % concernaient des femmes. L'auteur argumente que les femmes sont souvent contraintes à accepter des emplois non permanents, de qualification inférieure, qu'elles sont moins susceptibles d'avoir des contrats écrits ou leurs droits respectés. Enfin, les employeurs sont plus réticents à organiser des formations ou fournir des EPI à des travailleurs saisonniers. D'après l'auteur, l'ignorance de la façon dont le marché du travail est structuré par genre renforce les inégalités déjà existantes.

K. Jansen (2004) **s'intéresse à la conception, l'adoption et la mise en place de standards environnementaux privés visant à limiter les pollutions par les pesticides dans la culture de la banane en Honduras. Le développement des standards privés dans ce secteur fait** suite à de nombreuses affaires dont la plus connue est celle du DBCP – mais qui est loin d'être la seule, la culture de la banane étant très forte consommatrice de pesticides –, mais aussi des réductions de marché dues à des mesures de protection prise par l'Union européenne notamment. Le chapitre se penche sur les stratégies adoptées par deux des trois grandes entreprises de fruits présentes au Honduras : Dole et Chiquita. Le chapitre entre dans le détail des choix techniques faits par les deux firmes qui apportent des réponses très différentes aux mêmes contraintes (pestes, réglementations, etc.). Il met en évidence des stratégies très différentes et l'adoption de standards très différents par les deux firmes – et dans leur contenu et dans leur justification – et explicite les raisons de ce choix. Une des questions posées par Jansen est de savoir si l'adoption de ces standards améliore la protection des ouvriers et contribue à diminuer leur exposition. **Il conclut à des bénéfices réels mais limités pour les travailleurs, bénéfices qui se traduisent notamment par le développement d'infrastructures pour l'hygiène (douches, lieux pour se changer, manger, etc.), mise à disposition de matériel de protection, mise en place de procédures qui diminuent un peu les expositions en limitant la présence de travailleurs pendant les traitements. Ces standards offrent aussi quelquefois des leviers aux syndicats de travailleurs** pour refuser d'effectuer certaines tâches dangereuses en arguant qu'elles sont contraires aux standards. **Une autre conclusion intéressante est que la conception des standards s'appuie sur les réglementations publiques existantes (nationales et internationales) et que ces derniers se positionnent par rapport à ces réglementations, ce qui a pour conséquence que plus les réglementions publiques sont strictes et**

[4] Une référence non retenue pour la revue, parce qu'elle ne contient qu'un seul petit paragraphe consacré aux pesticides, décrit les conséquences pour les femmes des transformations rapides des modes de production agricole au Chili. Voir Bee A., 2000, "The Globalization, Grapes and Gender: Women's Work in Traditional and Agro-Export Production in Northern Chile", *Geographical Journal*, 166, 3, 255-265. Le paragraphe contient une citation intéressante : "*Some of the most commonly cited problems experienced by temporeras are those associated with the pesticides used on the export crops and the gases used to treat the fresh fruit in the packing plants before shipping. Many temporeras are exposed to these chemicals over extended periods of time, either in the fields or the packing plants, and their lack of a coherent worker organization coupled with the relatively lax controls over chemical use means that their struggle for safer working conditions continues….* "*Well theys pray the grapes with gas in the packing plant. They have some rooms to do that, so they take all the boxes from theVineyard and they put them in these rooms. And before processing them they put them in these rooms and spray to get rid of insects. So often they give them five minutes of air no more before they give them to each person. They don't give the grapes long enough to air. I think that if they gave them half an hour to be aired that would be better. It's dangerous… Celia, Tome Alto*"

contraignantes, plus les standards privés le sont. De ce point de vue Jansen s'oppose à la vision qui veut que les standards privés soient une panacée et bien plus efficaces que les réglementations publiques qu'il faudrait par conséquent faire disparaître.

3.7 Perceptions et connaissances des risques et possibilités de protection

Un dernier élément ressort de la revue de littérature que nous avons effectuée. De nombreuses références questionnent à un moment ou à un autre la perception et la connaissance des risques et les possibilités de protection. Si ces questions transparaissent souvent dans presque toutes les références retenues, six d'entre elles, résultant en grande partie de travaux issus de la santé publique, les travaillent spécifiquement. Ces travaux portent essentiellement sur des populations extrêmement vulnérables d'ouvriers agricoles migrants aux USA. Ils montrent une faible mise en œuvre des réglementations en termes de formation, de possibilité de protection et d'hygiène, conçues pour limiter les expositions. Ils montrent aussi des consciences variables des risques. Ils indiquent encore la possibilité que les personnes mettant en œuvre les bonnes pratiques ne soient pas toujours moins contaminées que celles qui ne le font pas. Certaines références envisagent non seulement l'exposition des travailleurs sur leurs lieux de travail mais l'exposition qu'ils génèrent quand ils rentrent chez eux. Un article prend en compte l'exposition conjointe des travailleurs et des personnes (famille) vivant près des vergers et plantations.

Snipes *et al.* (2009) décrivent les croyances d'ouvriers travaillant en production fruitières concernant les pesticides de la Lower Yakima Valley dans l'État de Washington aux USA. L'article s'appuie sur des entretiens auprès de 99 personnes dont 80 % de femmes. Ces entretiens ont été complétés par des observations sur le terrain. Les résultats montrent que les travailleurs considèrent les produits en poudre comme inoffensifs, certains ne les considérant même pas comme des pesticides. L'effet des pesticides sur la santé est considéré plus important chez les individus estimés « faibles », les personnes âgées, les enfants et les femmes. Certains travailleurs disent avoir des « allergies » aux poudres, les allergies n'étant pas considérées comme maladie ou faiblesse. L'absence de conscience des dangers n'aide pas à la mise en place de stratégies de prévention des expositions. Dans la plupart des cas, des équipements de protection ne sont pas fournis par les employeurs. Quand ils le sont, les ouvriers choisissent souvent de ne pas les utiliser car ils diminuent leur rendement de récolte pour ceux payés au rendement (c'est moins vrai pour ceux payés à l'heure). Certains disent sentir une pression de la part des managers pour avoir le même rythme que ceux qui ne portent pas les EPI. Enfin, les travailleurs font une distinction entre l'eau pour boire (froide avec des verres fournis) et l'eau pour le lavage des mains (non froide, avec des serviettes en papier et du savon fournis). Selon ces critères, seule une exploitation fournissait les deux. La décontamination est donc retardée jusqu'à ce que le travailleur trouve de l'eau à une température jugée convenable. D'autant plus que les travailleurs croient que leur corps doit refroidir avant de passer sous une douche, même chaude. Les auteurs terminent par des recommandations pour la législation du travail : étendre à tous les travailleurs agricoles les exigences de formation et de fourniture d'EPI (applicables seulement aux applicateurs de pesticides et à ceux qui rentrent dans des champs juste traités), imposer des paiements à l'heure et non au rendement et mieux surveiller les moyens de décontamination mis à disposition (savon, eau sans glace et serviettes en papier).

G. D. Coronado *et al.* (2012) ont conduit une étude auprès de 95 travailleurs agricoles de l'État de Washington aux USA, pour la plupart des femmes, et tous hispanophones. Leur taux de métabolites urinaires et celui de leurs enfants, et le taux d'azinphos-méthyl dans la poussière de leur logement ont aussi été mesurés afin d'évaluer l'impact des mesures préconisées par la formation du WPS (Workers protection Standard) à la fois sur les travailleurs et sur leurs enfants. D'après les réponses recueillies, 31 % des participants portaient généralement des gants, la majorité ne portant ni vêtement de protection, ni masque. Seuls 18 % ont déclaré avoir eu une formation dans les cinq dernières années. Aucune différence significative n'a été trouvée sur les

paramètres mesurés et le fait de porter des gants, de se laver les mains ou les deux ensemble. Au contraire, on a trouvé des concentrations supérieures pour ceux qui se lavaient les mains avec un désinfectant (mais inférieures pour ceux qui se lavaient les mains avec de l'eau). Par ailleurs, contrairement à ce qui était attendu, les enfants fréquentant la crèche avaient plus de métabolites urinaires que les autres. Peut-être parce que les parents venaient les chercher directement après le travail dans les champs. La conclusion de cette étude est que les pratiques préconisées par le WPS ne semblent pas avoir d'impact sur l'exposition des travailleurs et de leurs enfants. Les auteurs soulignent cependant que seuls 14 % de l'échantillon respectaient la combinaison de bonnes pratiques suivante : enlever les vêtements de travail et se doucher aussitôt à la maison, laver les effets de travail séparément et à chaque utilisation, et ne pas prendre les enfants dans les bras avant d'être changé. De plus, l'échantillon, essentiellement féminin, ne reflète pas la population générale des travailleurs agricoles. Enfin, il est possible que les « bons » comportements aient été sur-déclarés.

Les articles de S. A. Farquhar *et al.* (2009) et J. Samples *et al.* (2009) sont presque identiques : ils reposent sur la même étude et présentent les mêmes conclusions. L'étude se base sur 150 interviews de travailleurs agricoles principalement employés dans des vergers, dans des pépinières, ou à la cueillette de fruits et légumes ou dans des usines de transformation de l'Oregon. Ces travailleurs sont pour moitié indiens (du Mexique et du Guatemala) et pour moitié latino-américains. Les latinos ont en général un niveau d'éducation plus élevé, sont plus vieux et résident depuis plus longtemps dans l'Oregon que les Indiens. Les résultats des entretiens montrent que la formation donnée pour se protéger des expositions n'est pas adéquate : seuls 57 % des personnes interrogées ont reçu une formation généralement donnée sous forme écrite (brochures le plus souvent en anglais ou espagnol), ce qui est mal adapté au niveau d'éducation des travailleurs en particulier des Indiens qui maîtrisent mal l'espagnol. Les délais de réentrée ne sont pas respectés. 34 % des travailleurs disent avoir reçu accidentellement des pulvérisations en provenance d'avions ou de tracteurs et 39 % avoir touché des résidus visibles. Les travailleurs souffrent de divers problèmes (cutanés, respiratoires, oculaires). Mais ils ne vont généralement pas dans les centres de soins (77 % n'ont pas d'assurance santé, mais d'autres limites existent comme des difficultés de transport, des barrières linguistiques et culturelles). Pour ces raisons, les travailleurs indiens sont donc plus exposés que les latino-américains.

J. Livaudais *et al.* (2009) attirent l'attention sur des situations d'exposition, autres que l'application, peu envisagées. Ils s'intéressent aux ouvriers du conditionnement de fruits et légumes qui peuvent être contaminés par les traitements avant et après récoltes et décrivent les pratiques de personnes travaillant dans ces ateliers. Il s'agit de travailleurs hispaniques de la vallée de Yakima, dans l'État de Washington. Peu de travaux ont été conduits sur ces travailleurs et on ne sait pas dans quelle mesure les consignes de délai avant récolte sont respectées et quelles sont les pratiques de traitement post-récolte. Deux séries d'entretiens ont été conduits : trois entretiens en groupes de 25 travailleurs ont permis de préparer des entretiens individuels avec 50 personnes supplémentaires. Les entretiens de groupes ont mis en évidence des conditions de travail difficiles avec des expositions à des produits chimiques et des conséquences sur la santé (démangeaisons, vertiges, vomissements…) alors que les entretiens individuels identifiaient peu d'expositions. Cependant, les travailleurs avaient des pratiques de protection pour leur santé et celle de leurs enfants : se laver les mains, se doucher avant d'approcher les enfants, laver leurs vêtements séparément, etc. Les auteurs discutent les limites de l'étude pouvant expliquer les différences entre les deux séries d'entretiens, en particulier un biais de « bonne santé » dû aux critères de recrutement et une sous-déclaration des expositions due à la forme du questionnaire.

Une seule référence, que nous avons finalement retenue, s'intéresse à un pays autre que les USA. Barraza *et al.* (2011) se penchent sur la connaissance des pesticides qu'ont les ouvriers et les petits exploitants du plantain et de la banane au Costa Rica. Cet article montre que, si les travailleurs ont des notions sur les pesticides concernant leur utilité agronomique, ils en ont peu concernant leur toxicité aiguë et pratiquement pas concernant les voies de contamination ou la toxicité chronique. Les propriétaires de petites plantations n'étaient pas conscients des risques et ne se protégeaient donc pas. Les expositions sont importantes en pratique : les habitations, écoles, terrains de foot, sont à proximité immédiate des plantations. Les enfants jouent dans les

plantations, sont pieds nus et mettent en place, dès 10 ans, les sacs traités sur les régimes. La monoculture à grande échelle est perçue comme le risque principal, ainsi que les épandages aériens (les auteurs ont observés des violations des distances légales). Ces derniers sont très fréquents et contaminent jouets, meubles et fruits de consommation qui sont mangés sans être lavés. Les enfants sont souvent dehors pendant les épandages aériens. Les raisons mentionnées pour l'utilisation des pesticides sont le besoin économique et la pression des intermédiaires. La perception du risque est influencée par la position sociale des personnes (les ouvriers étant plus fatalistes). Les agences officielles n'informent pas les habitants sur les risques pour la santé et ont eu un rôle actif dans la promotion des pesticides. Les auteurs recommandent une approche participative pour des programmes de réduction des risques, un meilleur accès au marché pour les planteurs et la promotion de pratiques agro-écologiques.

4 Conclusions

Bien que les situations traitées dans les références retenues dans cette revue de littérature soient *a priori* très différentes des situations françaises, les questions posées ainsi que les résultats obtenus peuvent orienter des recherches à mener sur la situation française ou les politiques publiques à développer. Sept points pourraient ainsi être soulevés et investigués.

1) Le premier est celui **du contenu des réglementations publiques**. Manifestement les réglementations états-uniennes sont à la fois plus anciennes et plus complètes. Outre les délais de réentrée, des mesures d'hygiène, de mise à disposition d'équipements de protection, elles contiennent aussi des mesures de formation des ouvriers en vert (et pas seulement des préparateurs et applicateurs) et d'informations sur les produits utilisés pour traiter. Les méthodes de fixation des délais de réentrée mériteraient aussi d'être investiguées pour comprendre les résultats différents suivant les réglementations.

Un autre élément qui ressort pour les réglementations états-uniennes, et que l'on retrouve en France, est **les différences existant entre les réglementations sur la protection des travailleurs vis-à-vis des substances chimiques toxiques pour le secteur industriel et pour le secteur agricole**, avec une protection *a priori* moindre pour les travailleurs des secteurs agricoles.

2) **Le second est celui de la mise en œuvre des réglementations publiques et du contrôle de cette mise en œuvre**. Toutes les études qui ont investigué ces questions montrent le peu de mise en œuvre des réglementations voire sa quasi-absence. Ces points mériteraient d'être aussi travaillés pour la France afin de réfléchir à des dispositifs permettant d'améliorer la mise en œuvre des réglementations visant à une meilleure protection des travailleurs, en particulier des travailleurs autres que les préparateurs et applicateurs de pesticides – moins protégés que ces derniers semble-t-il.

3) Les études retenues dans cette revue de littérature portent essentiellement **sur des ouvriers migrants saisonniers ou non, ou des ouvriers et petits exploitants de pays du sud particulièrement vulnérables**. Ces travaux montrent que cette vulnérabilité sociale est un facteur important d'exposition et d'augmentation de l'exposition. **Le secteur de l'arboriculture fruitière en France est un gros consommateur de main-d'œuvre saisonnière et a recours à du salariat migrant temporaire**. Les travaux de F. Décosse indiquent que le salariat migrant temporaire en arboriculture (et maraîchage) a aussi en France un statut dégradé qui contribue à augmenter l'exposition aux pesticides. Ce point mériterait d'autres travaux.

4) L'arboriculture française comporte aussi **de nombreuses petites exploitations de monoculture**. **Qu'en est-il de l'exposition des exploitants et des membres de leur famille qui travaillent sur les exploitations** ? Ce type de profil n'est envisagé dans les travaux que nous avons retenus que pour des situations *a priori* très éloignées des situations françaises (Amérique du Sud, Asie). Des travaux seraient à entreprendre.

5) **Les standards privés** apparaissent dans les travaux comme pouvant éventuellement être un facteur de limitation des expositions ou de différenciation de niveaux de protection entre différents types de travailleurs. La prolifération de ces standards dans l'arboriculture française mériterait d'être investiguée sous l'angle de la protection des travailleurs vis-à-vis des pesticides.

6) De nombreux travaux retenus s'intéressent d'une manière ou d'une autre **aux ouvriers et producteurs de bananes**, secteur présenté comme fort consommateur de pesticides et utilisant des produits particulièrement toxiques. Malgré l'affaire du chlordécone qui a généré des programmes de recherche importants dans les Antilles françaises sur différents points, les sciences économiques, humaines et sociales françaises ne semblent pas s'être emparées de la question du travail dans les bananeraies dans ses relations à l'exposition aux pesticides. Cela mériterait d'être travaillé.

5 Références

Liste des références retenues de la revue de la littérature

Bain, C.. 2006. « Standards for Whom? Standards for What? The Regulation of Agricultural Labor in Chile and its Gendered Effects ». Annual meeting of the American Sociological Association. Montreal, Canada. August 2006

Bain, C, Ransom, E. et Worosz, M. 2010, « Constructing Credibility : Using Technoscience to Legitimate Strategies in Agrofood Governance », Journal of Rural Social Sciences, 25, 3, 160-132

Barraza, D., Jansen, K., de Joode, B. van W. & Wesseling, C. "Pesticide use in banana and plantain production and risk perception among local actors in Talamanca, Costa Rica." Environmental Research, 111, 708–717 (2011)

Bingham E. & Monforton C. 2013, "The pesticide DBCP and male infertility Lessons from health hazards" In Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation — European Environment Agency (EEA).

Bohme, S.. 2011 "Pesticide Regulation, Citizen Action, and Toxic Trade: The Role of the Nation-State in the Transnational History of DBCP", in C. Sellers & J. Melling, Dangerous Trade. Histories of Industrial Hazard across a globalizing World, Temple University Press

Boix, V. & Rankin Bohme, S. 2012 "Secrecy and justice in the ongoing saga of DBCP litigation". International Journal of Occupational and Environmental Health 18, 154–161

Coronado et al., 2012 "Do workplace and home protective practices protect farm workers? Findings from the For Healthy Kids Study". Journal of Occupational and Environmental Medicine 54.

Farquhar, S. A., N. M. Goff, N. Shadbeh, et al., 2009 "Occupational health and safety status of indigenous and Latino farmworkers in Oregon". Journal of agricultural safety and health 15, 89–102

Hubbell B. J. et Gerald A. 1998. "Effects of Insecticide Attributes on Within-Season Insecticide Product and Rate Choices: The Case of U.S. Apple Growers", American Journal of Agricultural Economics, 80, 2, 382-396

Jansen, K., 2004, "Greening bananas and institutionalizing environmentalism: self-regulation by fruit corporations", in K. Jansen & S. Vellema (dir), Corporate Responses to Environmentalism, Market Opportunities and Public Regulation, Zed Books London, New York

Knaak et al., 1989. "The worker hazard posed by reentry into pesticides-treated foliage: development of safe reentry times, with emphasis on chlorthiophos and carbosulfan" in : Paustenbach, D. J. The Risk assessment of environmental and human health hazards: a textbook of case studies. (Wiley, 1989)

Lichtenberg, E.Robert C. Spear and David Zilberman, 1993 "The Economics of Reentry Regulation of Pesticides", American Journal of Agricultural Economics, 75, 4 (1993), 946-9

Lichtenberg, E., 1997 "The Economics of Cosmetic Pesticide Use". American Journal of Agricultural Economics 79, 39–46.

Livaudais et al., 2009 "Workplace Exposures and Protective Practices of Hispanic Warehouse Workers". Journal of Immigrant Minority Health 11, 122–130

Methaphat, C.. 2010 "Fruit Production and Distribution: Risks of Beautification and Standardization of Fruit Thailand." Document non publié

Murphy-Greene C. 2002. "Occupational Safety and Health of Florida Farm Workers: Environmental Justice in the Fields, Journal of Health and Human Services Administration, 25, 3 281-314

Nash, L. 2004 "The fruits of ill-health: Pesticides and workers' bodies in post-World War II California". Osiris 19, 203–219

Rosenthal, E., "The DBCP pesticides cases: seeking access to justice to make agribusiness accountable in the global economy", in Corporate Responses to Environmentalism, Market Opportunities and Public Regulation, Zed Books London, New York

Samples et al., 2009, « Pesticide Exposure and Occupational Safety Training of Indigenous Farmworkers in Oregon ». American Journal of Public Health 99, 3, p. 581 584.

Schreinemachers, P., 2012 "Can Public GAP Standards Reduce Agricultural Pesticide Use? The Case of Fruit and Vegetable Farming in Northern Thailand", Agriculture and Human Values 29, 519–529

Sissell, K., 2006 "West Africans Use Alien Tort Statute in DBCP Suit". Chemical Week 168, 33–33 (2006).

Snipes, et al., 2009 "Pesticides protect the fruit, but not the people': using community-based ethnography to understand farmworker pesticide-exposure risks". American journal of public health, 99(**3**), 616–21 .

Références non retenues de la revue de la littérature mais néanmoins citées

Bee A., 2000, "The Globalization, Grapes and Gender: Women's Work in Traditional and Agro-Export Production in Northern Chile", *Geographical Journal*, 166(**3**), 255-265.

Cazals C. et Belis-Bergouignan M. 2009. « Mondes de production et protection de l'environnement dans deux filières agricoles », Économie rurale, 313-314, 38 à 54

Cazals C. ,2009 « Les déterminants des Démarches Environnementales Volontaires (DEV) : une étude empirique comparée de deux secteurs agricoles », Revue d'Économie Régionale & Urbaine, 1, 105 à 131.

Cazals C., « Qualités et innovations environnementales dans la viticulture et l'arboriculture fruitière : l'apport des mondes de production », Revue d'économie industrielle, 126, 31 à 52.

Murphy-Greene C. et Leip L., "Assessing the Effectiveness of Executive Order 12898: Environmental Justice for All?", *Public Administration Review*, 62,(**6**), 679-687.

Néraud L. 2010. Le mouvement des ouvriers agricoles mexicains et mexicains-américains au Texas (1966-1986). Montpellier, Presses Universitaire de la Méditerranée

Osti, G. 1992. "Co-Operative Regulation: Contrasting Organizational Models for the Control of Pesticides". *Sociologia Ruralis*, 32, 163–177

Simon, S., Brun, L., Guinaudeau, J. & Sauphanor, B. 2011. « Pesticide use in current and innovative apple orchard systems". *Agronomy for Sustainable Development* 31, 541–555.

Autres références

Anon. « Arboriculture | ANEFA ». Consulté le 23 janvier 2014. http://anefa.org/filière-6/arboriculture

Brown, Colin D., Chris Holmes, Ryan Williams, Sabine Beulke, Wendy van Beinum, Emma Pemberton, et Claire Wells. 2007. « How does crop type influence risk from pesticides to the aquatic environment? » Environmental Toxicology and Chemistry 26, 9, 1818 1826

Butault J.P., et al. . 2010 – Synthèse du rapport d'étude « Quelles voies pour réduire l'usage des pesticides » - Ecophyto R&D

Décosse F. 2013. « Entre « usage contrôlé », invisibilisation et externalisation. Le précariat étranger face au risque chimique en agriculture intensive », *Sociologie du Travail*.

Epstein, L, S Bassein, F.G Zalom, et L.R Wilhoit. 2001. « Changes in pest management practice in almond orchards during the rainy season in California, USA ». Agriculture, Ecosystems & Environment 83, 1 2 (janvier 2001): 111 120. doi:10.1016/S0167-8809(00)00201-2.

Gordon R. 1999."Poisons in the Fields: The United Farm Workers, Pesticides, and Environmental Politics", *Pacific Historical Review*, 68(**1**), 51-77.

Gousseau, A.. « Filière arboricole ». Rapport d'information n° 437 Sénat, 2006. http://www.senat.fr/rap/r05-437/r05-437_mono.html

Hightower J., « As American as Apple Pie », The Nation, 30 September 2002 « Interpreting OSHA's Pre-Emption Clause: Farmworkers as a Case Study », *University of Pennsylvania Law Review*, 128, 6 (Jun., 1980), 1509-1542

Marquardt S. 2002. "Pesticides, Parakeets, and Unions in the Costa Rican Banana Industry, 1938-1962", *Latin American Research Review*, 37(**2**), 3-36

Yao Y. et al. 2008.. « Pesticides in the Atmosphere Across Canadian Agricultural Regions ». Environmental Science & Technology 42(**16**), 5931 5937.

Tableau 13 : Analyses des articles retenus

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
Bain, C. 2006. « Standards for Whom? Standards for What? The Regulation of Agricultural Labor in Chile and its Gendered Effects ». *Annual meeting of the American Sociological Association. Montreal*, Canada. August 2006 Chili	50 entretiens semi-structurés et entretiens sur site Analyse de documents Fruits frais	Travailleurs dans la production de fruits pour l'export Divers pesticides	Voir comment des standards privés peuvent améliorer la condition des travailleurs ou créer des inégalités supplémentaires pour les femmes	Le coût de la certification est supporté par les vendeurs qui essaient de réduire leurs charges pour compenser. Ces conditions ne sont pas favorables pour améliorer la condition des travailleurs. En se focalisant surtout sur les applicateurs de pesticides, les critères améliorent les conditions des travailleurs permanents généralement masculins, mais ne tiennent pas compte de la main-d'œuvre féminine, saisonnière, employée à la récolte et largement exposée aux résidus en réentrée et aux dérives de pesticides.	Objectifs clairs Il manque des données car il s'agit d'une communication pour une conférence et non d'un article publié
Bain, C, Ransom, E. et Worosz, M. 2010, « Constructing Credibility : Using Technoscience to Legitimate Strategies in Agrofood Governance », *Journal of Rural Social Sciences*, 25, 3, 160-132 Chili	50 entretiens semi-structurés et entretiens sur site Analyse de documents Fruits frais	Travailleurs dans la production de fruits pour l'export Divers pesticides	Mise en perspective de trois études de cas pour discuter de la manière dont sont légitimés les standards visant à garantir la mise en œuvre dans les systèmes agro-alimentaires. Une de ces études de cas est celle présentée avec plus de détail dans Bairn 2006.	Idem ci-dessus	Objectifs clairs Il manque des données, car étude de cas synthétisée.
Barraza, D., Jansen, K., de Joode, B. van W. & Wesseling, C. "Pesticide use in banana and plantain production and risk perception among local	8 entretiens de groupe, 27 entretiens semi-structurés avec des acteurs-clés	Population indienne de Talamanca Divers	Explorer la conscience des risques pour les enfants. Comprendre les déterminants	La conscience des risques est très faible, les travailleurs et les enfants ne se protègent pas et sont très exposés. La situation est perçue comme inévitable avec peu de leviers d'action pour changer les choses. La structure économique est complexe avec de nombreux	Objectifs clairs

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
actors in Talamanca, Costa Rica." *Environmental Research*, 111, 708-717 (2011) Costa Rica	Observations de terrain Culture de banane et plantain	pesticides Épandage aérien Sacs traités	sociaux-économiques et culturels	intermédiaires.	
Bingham E. & Monforton C. 2013, "The pesticide DBCP and male infertility Lessons from health hazards" *In Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation* - European Environment Agency (EEA). USA Amérique centrale Autres PVD	Historique de l'utilisation du DCBP Bananes	Travailleurs dans la production de DBCP Travailleurs agricoles DBCP	Montrer l'état des connaissances sur le DCBP et les actions entreprises	Malgré la toxicité connue du DBCP, le produit a été autorisé sans mention de précautions à prendre. Puis, après son interdiction aux USA, il a continué à être produit et exporté. Cet exemple devrait inciter à utiliser le principe de précaution.	Objectifs clairs
Bohme, S. 2011 "Pesticide Regulation, Citizen Action, and Toxic Trade: The Role of the Nation-State in the Transnational History of DBCP", in C. Sellers & J. Melling, *Dangerous Trade. Histories of Industrial Hazard across a globalizing World*, Temple University Press Nicaragua et Costa Rica	Étude socio-historique	Travailleurs des plantations de bananes DBCP Période couverte des années 1960 aux années 2000.	Comprendre le rôle des États nationaux et de leurs systèmes réglementaires et judiciaires dans la production et la gestion d'effets grave sur la santé (stérilité masculine) de l'exportation du DBCP (traitement des sols par fumigation) des US aux pays	Article qui montre comment le travail des compagnies produisant le DBCP, Dow chemical notamment, pour faire autoriser le DBCP alors même que ses effets délétères étaient connus, puis pour faire maintenir des régulations aux USA qui permettent son exportation quand le produit a été interdit aux USA. Montre aussi la quasi-impossibilité pour les dizaines de milliers de salariés de la banane affectés dans les différents pays d'Amérique latine et centrale pour engager et mener à bien des actions judiciaires aux USA contre Dow chemicals, et l'inapplicabilité des décisions prises par les tribunaux nationaux.	Objectif clair Travail très documenté. Reprend en partie Boix et Bohme 2012.

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
			d'Amérique centrale et latine pour la culture de la banane.	Examine le dispositif mis en place par l'état du Nicaragua qui conduit à ce que Dow considère désormais que les tribunaux américains soient des espaces plus favorables pour le traitement des plaintes (nombreuses).	
Boix, V. & Rankin Bohme, S. 2012 "Secrecy and justice in the ongoing saga of DBCP litigation". *International Journal of Occupational and Environmental Health* 18, 154-161 Amérique centrale et autres PVD	Historique des procès contre des firmes chimiques et des compagnies bananières Bananes	Travailleurs costaricains et d'autres pays DCBP	Décrire les stratégies des firmes pour éviter les poursuites	Plusieurs procès ont été déboutés car ils ont été jugés comme devant être traités ailleurs. Les compagnies ont accusé les plaignants de fraude.	Repose sur un très gros travail de collecte de documents (procès, littérature grise, presse etc.)
Coronado *et al.*, 2012 "Do workplace and home protective practices protect farm workers? Findings from the For Healthy Kids Study". *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 54. USA	Entretiens individuels et dosage de métabolites urinaires chez les travailleurs et leurs enfants Fruits à pépins	100 travailleurs de vergers dans l'État de Washington Présence d'un enfant de 2 à 6 ans dans le foyer Pesticide OP	Voir si les pratiques recommandées par le WPS (worker protection standard) ont un impact sur l'exposition.	Contrairement aux attentes, ceux qui portaient des bottes et qui se lavaient les mains avec un désinfectant avaient plus de métabolites que les autres. Les enfants en crèche avaient plus de marqueurs que ceux restés à la maison.	Objectifs clairs mais échantillon biaisé (sex-ratio et faible pourcentage de personnes appliquant un ensemble de bonnes pratiques)
Farquhar, S. A., N. M. Goff, N. Shadbeh, *et al*., 2009 "Occupational health and safety status of indigenous and Latino farmworkers in Oregon". *Journal of*	Entretiens en groupes puis individuels Fruits et	Travailleurs indiens ou latino-américains dans des vergers,	Explorer les besoins des travailleurs indiens. Connaître les moyens d'information	Ces deux populations diffèrent démographiquement, les latinos parlent pour la plupart espagnol, les Indiens, différentes langues indiennes. Ces derniers sont en général moins bien informés sur les risques et plus exposés. L'information est souvent donnée sous	Objectifs clairs

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
agricultural safety and health 15, 89–102 USA	légumes	pépinières, usines de conditionnement de l'Oregon. Divers pesticides	utilisés	forme écrite, en anglais ou en espagnol, ce qui n'est pas adapté en général.	
Hubbell B. J. et Gerald A. 1998. "Effects of Insecticide Attributes on Within-Season Insecticide Product and Rate Choices: The Case of U.S. Apple Growers", *American Journal of Agricultural Economics,* 80, 2, 382-396 USA	Utilisation de données collectées par une enquête 1991 de l'USDA « Fruit and Nuts Chemical use Survey » 17 insecticides spécifiés Pommes	Population non spécifiée	Étude de cas théorique. Connaître les déterminants de l'utilisation d'insecticides chez les producteurs de pommes états-uniens en utilisant un même modèle simplificateur de coûts pour tous les types de travailleurs (frais d'hospitalisation, frais de santé), un même modèle de décision pour tous les décideurs (une décision rationnelle maximisant coûts/bénéfices pour décision de rentrer dans le champ en dépit risques)	Ce travail montre que le délai de réentrée est une variable qui influence significativement la décision des agriculteurs lorsqu'ils choisissent un insecticide. Les données de base sont issues d'une large enquête chez les producteurs de pommes dans six États des États-Unis (enquête 1991 de l'USDA « Fruit and Nuts Chemical use Survey ») Par ailleurs, il montre l'existence de statistiques détaillées sur l'usage des pesticides aux USA, recueillies par l'USDA	Conclusions claires Certains éléments non pris en compte, par exemple stratégies des producteurs pour éviter le développement de résistances, qui les conduit à changer d'insecticide. Brouille un peu les résultats.
Jansen, K., 2004, "Greening bananas and	Repose sur un nombre non	Travailleurs agricoles.	Étudier la conception et	Intéressant notamment car le chapitre entre dans le détail des choix techniques faits par les	Objectif clair, analyse très

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
institutionalizing environmentalism: self-regulation by fruit corporations", in K. Jansen & S. Vellema (dir.), Corporate Responses to Environmentalism, Market Opportunities and Public Regulation, Zed Books London, New York Honduras	spécifique d'entretiens et d'observations ainsi qu'une importante collecte documentaire. Bananes	Entretiens aussi réalisés avec des techniciens et des ingénieurs des deux firmes étudiées : Chiquita et Dole.	l'implémentation de standards privés visant à encadrer les pratiques phytopharmaceutiques en réponse à des mobilisations (sur la santé et l'environnement) et établir si ces standards améliorent la protection des travailleurs.	deux firmes qui apportent des réponses très différentes aux mêmes contraintes (pestes, réglementations etc.). Met en évidence des stratégies très différentes et l'adoption de standards très différents dans leur contenu par les deux firmes et en explicite les raisons. Conclut à des bénéfices réels mais limités pour les travailleurs : développement d'infrastructures pour l'hygiène (douches, lieux pour se changer, manger), mise à disposition de matériel de protection, mise en place de procédures qui limitent un peu les expositions (limiter la présence de travailleurs pendant les traitements), possibilité pour les syndicats d'utiliser les standards pour refuser d'effectuer certaines tâches dangereuses (car contraires aux standards). Montre que, pour que des standards privés soient efficaces, il faut une réglementation publique forte car les standards privés se positionnent par rapport à la réglementation publique (nationale et internationale car culture pour l'export).	détaillée, soutenue par de nombreuses références à des entretiens et documents.
Knaak *et al.,* 1989. "The worker hazard posed by reentry into pesticides-treated foliage: development of safe reentry times, with emphasis on chlorthiophos	Étude historique Majorité des cas sur la culture d'agrumes	Travailleurs agricoles de Californie Vergers essentiellement	Étudier des cas historiques d'empoisonnement et voir les réponses apportées	Les premiers cas d'empoisonnement remontent à 1949. La loi a évolué en instituant des délais de réentrée, d'abord basés sur les résidus foliaires, puis en intégrant la dégradation des produits dans l'environnement, notamment la poussière. L'auteur donne des bases de calcul	Article assez technique avec une partie historique

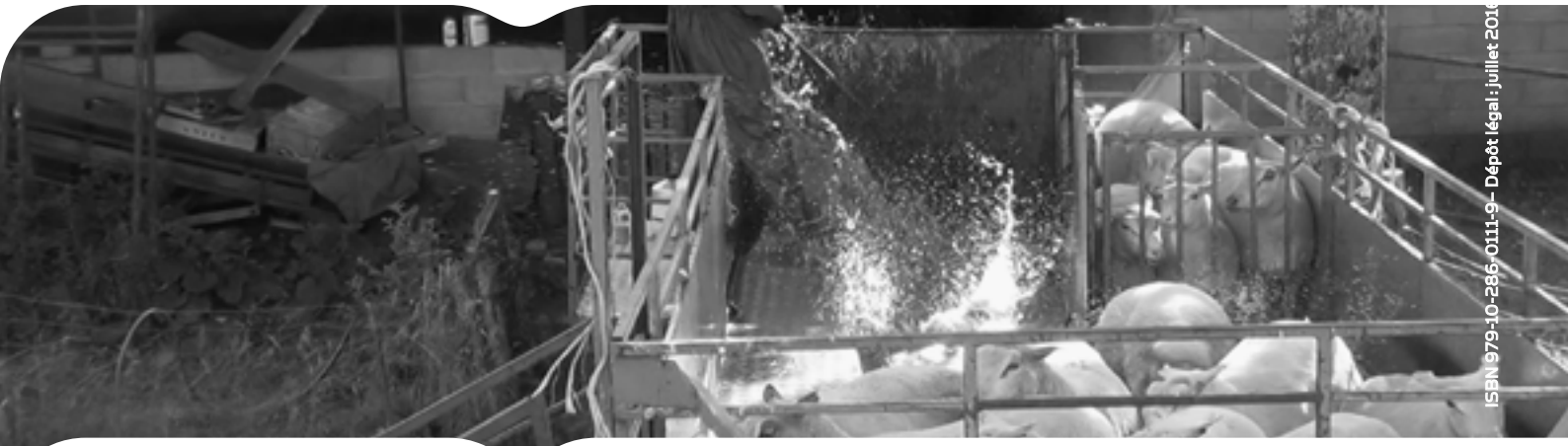
1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
and carbosulfan" in : Paustenbach, D. J. The Risk assessment of environmental and human health hazards: a textbook of case studies. (Wiley, 1989) USA		Surtout chlorthiophos and carbosulfan		pour les délais de réentrée	
Lichtenberg, E. Robert C. Spear and David Zilberman, 1993 "The Economics of Reentry Regulation of Pesticides", *American Journal of Agricultural Economics*, 75, 4 (1993), 946-9 USA	Pommes	Pesticides	Cas d'école théorique. Modélisation à partir de faits stylisés dont les auteurs disent eux-mêmes qu'ils reposent sur une série d'hypothèses très restrictives dont le paramétrage est très schématique faute de données empiriques. Porte sur la réentrée.	Conceptualisation/modélisation de la réentrée du point de vue de l'économie. 1) Fait ressortir qu'en termes de revenu, le respect d'un délai de réentrée peut conduire à une réduction des bénéfices économiques. 2) Peut conduire les agriculteurs décider de faire traitements préventifs systématiques, juste à T0 – délai de réentrée, pour récolter à T0 et éliminer risques d'infestation et la diminution du volume de récolte qui pourrait en résulter. 3) Peut conduire les agriculteurs à décider de rentrer dans leurs parcelles avant la fin du délai de réentrée, prenant ainsi pour eux et/ou leurs employés, un risque avéré pour leur santé. 4) Les auteurs soulignent enfin que, du point de vue de l'économie, la situation serait améliorée si les délais de réentrée pouvaient être plus flexibles de façon à bénéficier des réductions de délais permises par certaines conditions climatiques.	Étude cohérente. Les auteurs insistent beaucoup sur les limites de leur exercice. Donne des pistes pour des études complémentaires. Modèle non compréhensible pour les non-spécialistes.
Lichtenberg, E., 1997 "The Economics of Cosmetic Pesticide Use". *American Journal of Agricultural Economics* 79, 39–46.	Pas population spécifiée. Pommes	Pesticides	Voir si des exigences « cosmétiques » sur le marché des fruits influent sur l'utilisation des pesticides	Le modèle prévoit que les critères cosmétiques induiront une augmentation de l'utilisation de pesticides si les fruits sont vendus en lots mélangés, pas s'ils sont vendus en lots homogènes.	Objectif clair. Modèle non compréhensible pour les non-spécialistes.

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
USA					
Livaudais *et al*., 2009 "Workplace Exposures and Protective Practices of Hispanic Warehouse Workers". *Journal of Immigrant Minority Health* 11, 122-130 USA	3 entretiens de groupe et 50 entretiens individuels Fruits et légumes	Travailleurs hispaniques d'usines de conditionnement Divers polluants chimiques	Connaître les expositions sur ces populations peu étudiées en l'absence de connaissance sur les traitements post-récolte.	Désaccords entre les entretiens de groupes et individuels, les premiers révélant des expositions aux produits chimiques et leurs conséquences sur la santé. Les seconds mentionnaient peu d'exposition, mais les travailleurs prenaient des précautions pour limiter les contaminations.	Objectifs clairs. Limites du travail : conception des questions peu adaptée pour les entretiens individuels
Methaphat, C. 2010 "Fruit Production and Distribution: Risks of Beautification and Standardization of Fruit Thailand." Document non publié Thaïlande	Questionnaires, entretiens individuels, groupes de discussion Durian	Exploitants et travailleurs de la province de Rayong Divers pesticides	Montrer comment l'exigence de beauté du fruit entraîne une augmentation du nombre de traitements.	Les producteurs font de nombreux traitements insecticides, utilisent des hormones pour allonger les pédoncules des fruits et des produits chimiques pour colorer la chair, ce qui augmente les risques pour les producteurs et leurs employés.	Objectifs clairs Réalisé à partir d'enquêtes réalisées dans le cadre d'une thèse en santé publique
Murphy-Greene C. 2002. "Occupational Safety and Health of Florida Farm Workers: Environmental Justice in the Fields, *Journal of Health and Human Services Administration*, 25, 3, 281-314 USA	109 entretiens avec des travailleurs agricoles du sud de la Floride Une revue de littérature	Travailleurs salariés migrants ou non dans des exploitations de différentes cultures dont l'arboriculture fruitière.	Confronter les prescriptions réglementaires visant à la protection des salariés dans les exploitations vis-à-vis des pesticides avec la réalité de leur mise en	Intéressant car montre l'existence d'un ensemble réglementaire important construit sur plusieurs décennies au niveau fédéral et au niveau de l'État de Floride visant à la protection des salariés agricoles des effets des pesticides. La question de la réentrée est traitée dans cet arsenal réglementaire. Montre aussi le peu de mise en œuvre de ces réglementations.	Objectif clair. Limites explicitées. Références riches.

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
			œuvre. La question du travail en vert pendant les épandages et de la cueillette est traitée.	Fait des propositions de politiques publiques à mettre en œuvre pour une meilleure protection des salariés agricoles. Fait des propositions de recherche à entreprendre pour approfondir les questions apparues au cours de l'enquête.	
Nash, L. 2004 "The fruits of ill-health: Pesticides and workers' bodies in post-World War II California". *Osiris* 19, 203-219 USA	Étude historique	Travailleurs en arboriculture Divers pesticides	Comprendre comment des facteurs politiques et culturels ont rendu invisibles ou visibles les liens entre santé humaine et environnement	L'histoire des maladies liées aux pesticides montre comment on est passé d'une vision du corps humain séparé de son environnement à celle d'un corps perméable à l'environnement. Ces concepts ont été mobilisés par différents groupes d'acteurs et ont fait émerger de nouvelles données médicales.	Objectif clair Travail très documenté
Rosenthal, E., "The DBCP pesticides cases: seeking access to justice to make agribusiness accountable in the global economy", in *Corporate Responses to Environmentalism, Market Opportunities and Public* Regulation, Zed Books London, New York Costa Rica et Nicaragua USA	Analyse produite par un acteur important des actions en justice des travailleurs de la banane du Nicaragua pour obtenir réparation de leur stérilité suite à leur exposition au DBCP	Travailleurs de la banane Nicaragua et Costa Rica	Focalise sur l'utilisation du dispositif du *Forum non conveniens* par les tribunaux des États-Unis, suite aux demandes des avocats des compagnies américaines (Dow et Shell) pour ne pas donner suite aux actions en justice des plaintifs sud-américains.	Comme le travail de S. Rankin Bohme, met bien en évidence l'asymétrie d'accès à la justice et à la réparation par les travailleurs du « sud » suite à la fourniture de produits dangereux par des multinationales du nord, fourniture facilitée par des dispositifs réglementaires des États du nord dans lesquels sont basées ces multinationales (États-Unis en l'occurrence). Comparaison avec la situation des victimes de Bhopal.	Très documenté.
Samples *et al.,* 2009,					Même article

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
« Pesticide Exposure and Occupational Safety Training of Indigenous Farmworkers in Oregon ». *American Journal of Public Health* 99, 3, p. 581-584. USA					que Farquhar *et al.* ., 2009.
Schreinemachers, P., 2012 "Can Public GAP Standards Reduce Agricultural Pesticide Use? The Case of Fruit and Vegetable Farming in Northern Thailand", *Agriculture and Human Values* 29, 519-529 Thaïlande	Entretiens avec des experts Entretiens avec 295 managers d'exploitation et des responsables de programmes Fruits (surtout letchis) et légumes	Producteurs d'un bassin versant du nord de la Thaïlande Divers pesticides	Voir si les consignes de GAP diminuent l'utilisation de pesticides	Les producteurs adoptant les GAP utilisent autant de pesticides que les autres, ainsi que des pesticides aussi dangereux. Discussion sur les raisons de cet échec.	Objectifs clairs
Sissell, K., 2006 "West Africans Use Alien Tort Statute in DBCP Suit". *Chemical Week* 168, 33-33 (2006). Afrique de l'Ouest	Article dans *Chemical weekly* Bananes	Travailleurs de plantations d'Afrique de l'Ouest DCBP		Procès de travailleurs rendus stériles par exposition au DCBP contre des compagnies chimiques en utilisant le « alien tort statute »	Article court qui pointe sur les mêmes difficultés que celles rencontrées par les travailleurs d'Amérique centrale et latine
Snipes *et al.,* 2009 "Pesticides protect the fruit,	Entretiens semi-structurés et	Travailleurs agricoles d'origine	Recueillir les croyances des travailleurs sur les	Les travailleurs croient que les poudres sont inoffensives, que les risques des pesticides concernent surtout les individus faibles. Ils	Objectifs clairs

1. Référence/lieu	2. Type d'étude/culture	3. Population /produit	4. Problématique	5. Principaux résultats	6. Critères de qualité
but not the people': using community-based ethnography to understand farmworker pesticide-exposure risks". *American journal of public health*, 99,3, 616–-21. USA	structurés Observations de terrain Auprès de 99 travailleurs agricoles	mexicaine travaillant dans l'État de Washington.	risques liés à l'exposition aux pesticides	disent avoir des « allergies ». Ils pensent que leur corps doit refroidir avant une douche. En général, les EPI ne sont pas mis à disposition ou leur port est découragé.	Échantillons biaisés sur le sex-ratio



© Anses Éditions : juillet 2016 – Date de publication : juillet 2016 – Crédits photos : iStock, Fotolia

ISBN 979-10-286-0111-9 – Dépôt légal : juillet 2016

Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr
www.anses.fr / @Anses_fr