

SANTÉ
ENVIRONNEMENT
TRAVAIL

DÉCEMBRE 2023

ÉTUDES ET ENQUÊTES

ÉVALUATION DES EXPOSITIONS
PROFESSIONNELLES AUX PESTICIDES
UTILISÉS AU SEIN DES EXPLOITATIONS
PROFESSIONNELLES VITICOLES EN
FRANCE HEXAGONALE

Résumé

Évaluation des expositions professionnelles aux pesticides utilisés au sein des exploitations professionnelles viticoles en France hexagonale

L'évaluation rétrospective des expositions aux pesticides des travailleurs agricoles est une démarche nécessaire pour comprendre et établir des liens entre leurs activités professionnelles tout au long de leur carrière et la survenue de potentielles pathologies telles que les cancers ou les maladies neurodégénératives. Les données fiables, produites par une méthode précise et structurée pour dresser l'historique des expositions professionnelles, sont peu nombreuses.

La viticulture fait partie des cultures françaises les plus consommatrices de pesticides (indice de fréquence du traitement 2016 : 15,3), exposant ainsi les travailleurs agricoles à de nombreux produits phytopharmaceutiques (PPP). Aucune étude jusqu'alors n'a permis d'identifier le nombre de ces travailleurs, les PPP auxquels ils sont et/ou ont été exposés au cours du temps et d'y associer d'éventuels effets sur la santé susceptibles de se produire face à cette exposition.

Nous avons utilisé trois bases de données dont deux construites et co-construites par Santé publique France pour répondre à la question : quels sont les PPP qui ont été appliqués en viticulture au cours des dernières décennies en France hexagonale, quels sont leurs effets sanitaires et quelles sont les caractéristiques de la population de travailleurs agricoles concernés ?

La première base est une matrice culture-exposition (MCE) spécifique à la culture de la vigne grâce à laquelle nous avons identifié l'ensemble des PPP utilisés sur cette culture depuis les années 1980 ainsi que la fréquence et la probabilité de leur usage. La seconde source de données est la base CipaTox ; réalisée en partenariat avec l'Université Lyon 1. Elle a été établie pour recenser les effets sanitaires de l'ensemble des substances actives (SA) des PPP homologués en France depuis 1961, avec un focus sur le potentiel cancérigène, mutagène et reprotoxique. Enfin, la troisième source est constituée par les recensements agricoles (RA) de 1979, 1988, 2000 et 2010 qui ont permis d'identifier les caractéristiques socio-démographiques des travailleurs de la vigne. En croisant ces trois sources de données nous avons calculé des prévalences d'exposition professionnelle sur les quatre années du recensement agricole aux PPP utilisés en viticulture et associé les effets sanitaires qu'ils peuvent engendrer.

Nos travaux montrent qu'en 1979, 1988, 2000 et 2010, 132 substances actives différentes ont été utilisées sur vigne dont 65 fongicides, 44 insecticides et 23 herbicides. Les principales molécules sont à l'exclusion des produits minéraux (cuivre et soufre), le folpel, le mancozèbe, le glyphosate et le fénoxycarbe. Entre 83 % (1979) et 72 % (2010) des travailleurs de la vigne, dont le nombre est passé de 482 050 (1979) à 162 608 (2010) individus appartenant à la main-d'œuvre permanente des exploitations, ont été exposés à au moins une substance toxique pour la santé humaine considérée comme ayant des effets potentiellement cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques au sens de notre étude.

Ces travaux permettent de guider la prévention vis-à-vis des professionnels de l'agriculture en identifiant les pesticides pouvant avoir des effets néfastes sur leur santé. Ils incitent à mettre en œuvre plusieurs actions dont : la sensibilisation des travailleurs agricoles au risque chimique induit par l'usage des pesticides, la promotion de méthodes alternatives en viticulture, la limitation de l'usage des PPP, la circonscription de l'utilisation des PPP dont la substance active peut être considérée comme toxique, le port d'équipements de protection individuelle en conformité avec les conditions climatiques lors des traitements, l'information et

la formation des médecins généralistes et des médecins du travail pour faciliter la reconnaissance en maladies professionnelles et enfin l'évolution du matériel agricole qui reste la marge majoritaire de progrès pour réduire l'exposition aux pesticides des travailleurs agricoles.

MOTS-CLÉS : PESTICIDES, VITICULTURE, EXPOSITIONS,
MATRICE CULTURE-EXPOSITION, TRAVAILLEURS AGRICOLES

Citation suggérée : Chaperon L, Spinosi J, Perrin L, Jezewski-Serra D, Robert A, Fillol C. Évaluation des expositions professionnelles aux pesticides utilisés au sein des exploitations professionnelles viticoles en France hexagonale Saint-Maurice : Santé publique France, 2023. 48 p. www.santepubliquefrance.fr

ISSN : : 2609-2174 / ISBN-NET : 979-10-289-0884-3 / RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION,
SANTÉ PUBLIQUE FRANCE / DÉPÔT LÉGAL : DÉCEMBRE 2023

Abstract

Assessment of occupational exposure to pesticides used in professional vineyards in France

The retrospective assessment of agricultural workers' exposure to pesticides is necessary to understand and establish links between their occupational activities throughout their career and the occurrence of potential pathologies such as cancers or neurodegenerative diseases. Reliable data, produced by a precise and structured method to establish the history of occupational exposures, are scarce.

Viticulture is one of the most pesticide-intensive crops in France (IFT 2016: 15.3), thus agricultural workers are exposed to numerous plant production products (PPPs). No study has identified the number of these workers, the PPPs to which they are and/or have been exposed over time, or the possible health effects that may occur as a result of this exposure.

We used three databases, two of which were constructed and co-constructed by Santé publique France to answer the question: which PPPs have been applied in viticulture over the last few decades in metropolitan France, what are their health effects, and what are the characteristics of the population of agricultural workers concerned?

The first database is a crop-exposure matrix (CEM) specific to grapevine cultivation, through which we have identified all the PPPs used on this crop since the 1980s, as well as the frequency and probability of their use. The second source of data is the CipaTox database; developed in partnership with the University of Lyon 1, it was established to identify the health effects of all the active substances (AS) of PPPs registered in France since 1961, with a focus on carcinogenicity, mutagenicity and reprotoxicity. Finally, the third source is the agricultural censuses (AC) of 1979, 1988, 2000, and 2010, which identified the sociodemographic characteristics of vineyard workers. By crossing these three sources of data, we calculated the prevalences of occupational exposure to PPPs used in viticulture over the four years of the AC and identified the health effects that they may cause.

Our work shows that in 1979, 1988, 2000 and 2010, 132 different active substances were used on grapevines, including 65 fungicides, 44 insecticides and 23 herbicides. The main molecules are, excluding mineral products (copper and sulfur), folpel, mancozeb, glyphosate and fenoxycarb. Between 83 % (1979) and 72 % (2010) of grapevine workers, whose number has decreased from 482,050 (1979) to 162,608 (2010) individuals belonging to the permanent workforce of the farms, have been exposed to at least one substance that is toxic to human health considered with carcinogenic, mutagenic and reprotoxic effects in the sense of our study.

This work helps guide prevention for agricultural workers by identifying pesticides that may have effects on their health. They encourage the implementation of several actions, including:

- the awareness of agricultural workers to the chemical risk induced by the use of pesticides
- promoting alternative methods in viticulture
- limiting the use of PPPs, and restricting the use of PPPs whose active substance is considered as toxic
- wearing personal protective equipment in accordance with climatic conditions during treatments
- informing and training general practitioners and occupational medicine to facilitate recognition of occupational diseases
- promoting the evolution of agricultural equipment which remains the main part of progress to reduce exposure to pesticides of agricultural workers.

KEY WORDS: PESTICIDES, VITICULTURE, EXPOSURE, CROP-EXPOSURE MATRICES, AGRICULTURAL WORKERS

Auteurs

Laura Chaperon¹
Johan Spinosi¹
Laëtitia Perrin¹
Delphine Jezewski-Serra²
Antoine Robert¹
Clémence Fillol¹

¹ Santé publique France, Direction Santé Environnement Travail, Dset, Unité surveillance des expositions

² Santé publique France, Direction Appui, Traitements et Analyses de données, Data

Coordination du projet

Johan Spinosi

Santé publique France, Direction Santé Environnement Travail, Dset, Unité surveillance des expositions

Relecteurs

Gérard Bernadac³
Maria Feghali³

³ Caisse centrale MSA (Mutualité sociale agricole)

Remerciements

Nous remercions les nombreuses personnes actives ou retraitées qui ont participé au recueil des informations sur l'usage des pesticides en viticulture au sein des différents vignobles que ce soit au sein des chambres d'agriculture, des groupements d'intérêts économiques, des coopératives viticoles, des instituts techniques, etc.

Nous remercions également **Gérard Bernadac** et **Maria Feghali** pour leurs relectures attentives du présent rapport, leur temps de discussions et l'ensemble des compléments fournis.

Ce projet a bénéficié d'un financement de l'Office français de la biodiversité (OFB) dans le cadre du plan Écophyto.

L'accès à certaines données utilisées dans le cadre de ce travail a été réalisé au sein d'environnements sécurisés du Centre d'accès sécurisé aux données – CASD (Réf. 10.34724/CASD).



Abréviations

Acta	Association de coordination technique agricole
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AOC	Appellation d'origine contrôlée
AOP	Appellation d'origine protégée
BDD	Base de données
CASD	Centre d'accès sécurisé aux données
Cipa	Compilation des index phytosanitaires Acta
CipaTox	Volet toxicologique de Cipa
Circ	Centre international de recherche sur le cancer
CLP	<i>Classification, Labelling, Packaging</i>
Cuma	Coopérative d'utilisation du matériel agricole
DROM	Départements et régions d'outre-mer
EA	Exploitation agricole
ECHA	Agence européenne des substances chimiques (European chemicals agency)
EPI	Équipement de protection individuel
ETA	Entreprise de travaux agricoles
FAO	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Ha	Hectare
IFT	Indice de fréquence de traitement
IGP	Indication géographique protégée
INMA	Institut national de médecine agricole
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
MCE	Matrice culture-exposition
Mhl	Millier d'hectolitres
MOF	Main-d'œuvre familiale
MOO	Main-d'œuvre occasionnelle
MOS	Main-d'œuvre salariée
OEHHA	<i>California Office of Environmental Health Hazard Assessment</i>
OMS	Organisation mondiale de la santé
Otex	Orientation technico-économique des exploitations
PE	Perturbateur endocrinien
PPP	Produit phytopharmaceutique
RA	Recensement agricole
SA	Substance active
SDHI	<i>Succinate dehydrogenase inhibitor</i>
UE	Union européenne
USA-ATSDR	<i>Agency for toxic substances and disease registry</i>
US-EPA	Agence américaine de protection de l'environnement
UTA	Unité de travail annuel
VSIG	Vins sans indication géographique

Sommaire

1	INTRODUCTION	8
2	MÉTHODE	9
2.1	La population d'étude : les travailleurs des exploitations professionnelles viticoles	9
2.1.1	Données sociodémographiques disponibles au sein des recensements agricoles	9
2.1.2	Méthode de sélection des exploitations professionnelles viticoles	10
2.2	L'évaluation des expositions aux produits phytopharmaceutiques : production d'indicateurs à partir de la matrice culture-exposition viticulture	12
2.3	Association des effets sanitaires connus ou suspectés d'être liés à une exposition chronique aux PPP : utilisation des données de la base CipaTox	14
2.3.1	Effets cancérogènes	14
2.3.2	Effets mutagènes-génotoxiques et reprotoxiques	15
2.4	Calculs des prévalences d'exposition (taux de prévalence et effectifs)	16
3	RÉSULTATS	17
3.1	Recensement agricole : caractéristiques des exploitations, de la main-d'œuvre familiale et de la main-d'œuvre salariée des exploitations professionnelles viticoles	17
3.1.1	Les exploitations viticoles professionnelles	17
3.1.2	La main-d'œuvre familiale (MOF)	18
3.1.3	La main-d'œuvre salariée (MOS)	19
3.1.4	La main-d'œuvre permanente : résumé	21
3.2	MCE viticulture : expositions aux produits phytopharmaceutiques dans les exploitations professionnelles viticoles	21
3.2.1	Les traitements fongicides	22
3.2.2	Les traitements insecticides	24
3.2.3	Les traitements herbicides	27
3.3	CipaTox : identification des effets toxiques des substances actives utilisées en viticulture	29
3.3.1	Effets sanitaires des substances actives utilisées sur la vigne lors des quatre recensements agricoles : 1979, 1988, 2000 et 2010	29
3.3.2	Effectifs des travailleurs de la vigne exposés aux effets cancérogènes supposés ou suspectés, mutagènes ou reprotoxiques en 2010	31
4	SYNTHÈSE DES EXPOSITIONS ET DES RISQUES SANITAIRES ASSOCIES	34
4.1	Facteurs individuels d'exposition aux produits phytopharmaceutiques en viticulture	34
4.2	Principaux résultats sur l'exposition des viticulteurs professionnels en 1979, 1988, 2000 et 2010	34
5	DISCUSSION	36
6	CONCLUSION	39
7	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	40
8	ANNEXE. Principales familles chimiques et substances actives fongicides, insecticides et herbicides présentes au sein de la matrice viticulture et leurs indicateurs d'utilisation	42
	Fongicides	42
	Insecticides	46
	Herbicides	47

1 INTRODUCTION

Le premier vignoble français fut implanté à Massalia (Marseille de nos jours) vers 600 avant JC. C'est l'arrivée des Romains puis le christianisme qui permettra l'extension de la culture de la vigne sur tout le territoire national (1).

Aujourd'hui, la France est le 2^e producteur mondial de vin derrière l'Italie avec en moyenne près de 45 Mhl produits par an et 800 000 ha en production représentant près de 3 % des terres arables (2). Les vins sont classés selon 3 catégories : les vins sans indication géographique (VSIG ou « Vin de France »), les vins à indication géographique protégée (IGP) et les vins d'appellation d'origine protégée ou contrôlée (AOP ou AOC). Ces derniers représentent plus de la moitié des surfaces en vigne.

On estime à 59 000 le nombre d'exploitations viticoles en France en 2020 au sein desquelles travaillent près de 129 000 unités de travail annuel (UTA). Le nombre d'exploitations viticoles n'a cessé de diminuer depuis les années 1980 (3).

La vigne reçoit un nombre important de traitements phytosanitaires, en 2016, l'indice de fréquence traitement (IFT) national, tous types de traitements et toutes pratiques culturales confondues (dont l'agriculture biologique), est estimé à 15,3 traitements en moyenne. Ceci s'explique par des problématiques nombreuses. L'oïdium et le mildiou, maladies cryptogamiques arrivées en France à la même période que le phylloxéra (1863) sont responsables d'une grande partie des traitements phytopharmaceutiques (4). On peut également citer le black rot et le botrytis contre lesquels la lutte est réalisée aussi à partir de fongicides. Au total l'IFT fongicides représente 83 % de l'IFT total. Les insecticides sont le 2^e groupe de produits les plus utilisés sur vigne (12,4 % de l'IFT total) (5), avec des disparités fortes au niveau du territoire, notamment dans la lutte contre les tordeuses de la grappe (eudémis et cochylis), les acariens ou la cicadelle de la flavescence dorée, ravageur particulièrement redouté du fait de son action de vecteur d'une maladie de quarantaine pouvant entraîner l'arrachage de la parcelle (6). Cette maladie a été constatée pour la première fois en 1950 sur le territoire et en 2018, 75 % du vignoble français se trouvait en périmètre de lutte obligatoire (7). Enfin les herbicides (traitement des adventices et épamprage¹) sont les produits phytopharmaceutiques (PPP) les moins utilisés sur vigne avec moins de 5 % de l'IFT total. Les disparités sont fortes entre les vignobles, s'expliquant par des différences de pratique d'enherbement de la vigne, les herbicides sont de plus en plus rarement appliqués sur l'ensemble de la parcelle. De plus les pratiques dépendent également de l'écartement entre les rangs pratiqué dans le vignoble (5), (8).

L'objectif de ce travail est d'évaluer rétrospectivement l'exposition aux PPP des travailleurs de la vigne dans les exploitations agricoles en France, de dénombrer et caractériser la population exposée et d'associer les PPP avec leurs possibles effets sanitaires. La finalité de ce travail est de guider la prévention des risques liés à l'exposition aux PPP en agriculture.

¹ Opération viticole effectuée sur la vigne qui consiste à supprimer les pampres afin de favoriser la maturation des branches porteuses de raisins. Un pampre est un rameau non fructifère qui pousse sur la souche ou sur le porte-greffe

2 MÉTHODE

La méthode permettant d'évaluer l'exposition associée à l'utilisation professionnelle de PPP en viticulture consiste à croiser plusieurs bases de données (BDD) que nous avons élaborées et/ou obtenues. Pour identifier les travailleurs des exploitations professionnelles viticoles, nous avons exploité les recensements agricoles (RA) réalisés par le ministère de l'agriculture. Pour décrire les expositions aux PPP, nous avons élaboré une matrice culture-exposition (MCE) spécifique à la viticulture française. Il est important de noter que cette matrice s'intéresse exclusivement aux usages des PPP au sein des exploitations professionnelles de la vigne. Enfin nous avons construit puis utilisé la base CipaTox pour décrire les effets sanitaires de toutes les substances actives (SA).

Ces trois bases sont décrites plus finement ci-après.

2.1 La population d'étude : les travailleurs des exploitations professionnelles viticoles

L'objectif de notre étude est d'évaluer les expositions des différentes catégories de travailleurs au sein des exploitations que nous avons définies comme professionnelles de la viticulture.

2.1.1 Données sociodémographiques disponibles au sein des recensements agricoles

Nous invitons le lecteur à consulter le document présentant les données populationnelles disponibles dans les recensements agricoles de métropole (9) pour un descriptif plus détaillé.

Le RA mis en place par le ministère chargé de l'agriculture est une enquête décennale dont l'objectif est de faire un état des lieux, pour une année donnée, de la structure des exploitations françaises. Le questionnaire déployé concerne l'ensemble des exploitations françaises (métropole et départements et régions d'outre-mer) qui répondent aux critères de la statistique agricole, à savoir : avoir une activité agricole, atteindre ou dépasser une certaine dimension en termes de superficie, nombre d'animaux, production, etc. et être soumis à une gestion courante indépendante (9).

Ce recensement a été réalisé en 1955, 1970, 1979, 1988, 2000, 2010 et 2020 en métropole. Les données sont numérisées à partir de 1970 et rendues accessibles par le ministère chargé de l'agriculture via le Centre d'accès sécurisé aux données (CASD).

Les données recueillies concernent principalement les cultures et superficies cultivées, l'élevage et le cheptel, l'équipement des exploitations, la diversification des activités, la commercialisation des produits, l'emploi, le niveau de formation de l'exploitant et la gestion de l'exploitation. Le recensement est déclaratif et repose sur l'interrogation du chef d'exploitation par des enquêteurs du ministère.

Le recensement décrit également les personnes vivant et/ou travaillant sur l'exploitation à travers quatre sous-populations : la main-d'œuvre familiale (MOF), la main-d'œuvre salariée non familiale (MOS), la main-d'œuvre occasionnelle (MOO) et la main-d'œuvre appartenant au personnel d'établissements techniques agricoles (ETA) ou de coopératives d'utilisation du matériel agricole (Cuma). Il est important de noter que la qualité des données sociodémographiques de ces différentes sous-populations est très hétérogène entre le premier recensement disponible (1970) et le dernier (2020). De même on observe une différence importante entre les sous-populations pour un même recensement : la MOF étant la population la mieux décrite, puis la MOS, la MOO et enfin la main-d'œuvre des ETA-Cuma.

2.1.2 Méthode de sélection des exploitations professionnelles viticoles

Nous invitons le lecteur à consulter le document présentant la méthode de sélection des exploitations professionnelles viticoles au sein du recensement agricole (10) pour un descriptif plus détaillé.

Le RA fournit un descriptif de l'ensemble des exploitations agricoles qui remplissent les critères de la statistique agricole, indépendamment de l'importance que revêt l'activité viticole au sein de l'exploitation. Ainsi, une exploitation peut déclarer de la vigne sans pour autant avoir une activité qualifiée de professionnelle sur cette culture. Or, les pratiques phytosanitaires comme le type de SA ou le nombre de traitements seront très différentes entre les exploitations viticoles dites professionnelles, et les autres exploitations qui ne sont pas prises en compte dans la MCE viticulture. Il convient donc de distinguer ces deux types d'exploitation dans les RA.

Parmi l'ensemble des exploitations déclarant une surface de vigne dans les RA, certaines exploitent des parcelles de vigne de manière professionnelle, tandis que d'autres possèdent quelques parcelles de vigne qu'elles utilisent pour une activité non commerciale.

Toutefois, il n'existe pas de variable dans le RA permettant de distinguer les types d'activité viticole (professionnelle ou non commerciale). Parmi l'ensemble des variables que nous avons investiguées pour définir une méthode de sélection des professionnels de la vigne au sein du RA, ont été retenues celles concernant l'Otex technico-économique des exploitations (Otex) viticulture ainsi que les critères de commercialisation des produits de la vigne.

Les exploitations Otex viticulture

L'Otex permet de classer les exploitations selon leurs productions principales. En effet les Otex sont attribuées en fonction des revenus théoriques dégagés par les différents postes de production (végétale ou animale) de l'exploitation. Cette classification selon des Otex de production, même si elle a évolué au cours du temps, est disponible pour l'ensemble des RA. Une exploitation qui cultive de la vigne sera considérée comme appartenant à l'Otex viticulture si la marge brute théorique dégagée par l'activité viticole est supérieure ou égale aux deux tiers du revenu total théorique de l'exploitation.

Nous avons considéré qu'une exploitation classée en Otex viticulture, du fait de l'importance économique de son activité viticole par rapport aux autres activités agricoles de l'exploitation, cultive professionnellement de la vigne.

Cependant, une exploitation non classée en Otex viticulture, c'est-à-dire dont la marge brute théorique dégagée par l'activité viticole est inférieure aux deux tiers du revenu total théorique, peut aussi cultiver professionnellement de la vigne. Il a donc été nécessaire d'identifier d'autres critères de sélection pour repérer dans le RA ces exploitations professionnelles viticoles mais non spécialisées en viticulture.

La commercialisation des produits issus de la vigne

On estime qu'une exploitation qui déclare commercialiser des produits issus de la vigne peut être considérée comme professionnelle de cette culture.

Ce critère de commercialisation fait l'objet d'une question au sein des recensements de 1988, 2000 et 2010. Les exploitations cultivant de la vigne et répondant à ce critère ont donc été sélectionnées par repérage direct pour ces trois recensements.

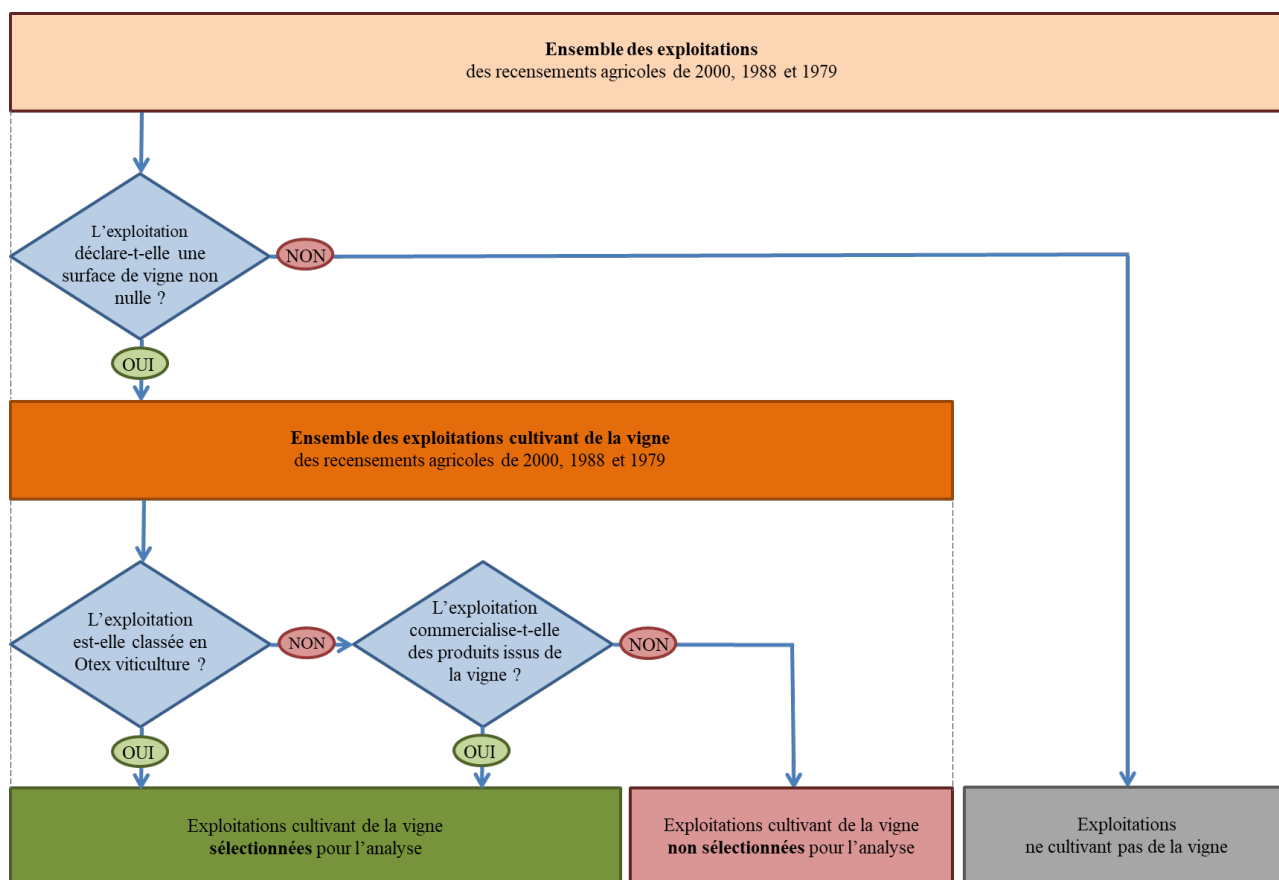
Concernant le recensement de 1979, les exploitations commercialisant des produits issus de la vigne ont été sélectionnées de manière indirecte grâce à 5 variables présentes dans le recensement et affiliées au critère de commercialisation des produits issus de la vigne (vente au négoce, vente directe, etc.).

Enfin le recensement de 1955 n'est pas disponible sous format numérique, quant au recensement de 1970, aucune question concernant la commercialisation des produits issus de la vigne ni de variables affiliées n'ont été identifiées. Il n'a pas été possible par cette méthode de distinguer les exploitations professionnelles de la vigne pour le RA de 1970. Nous n'avons donc pas utilisé les données du RA 1970 pour cette étude.

Le recensement agricole de 2020 n'étant pas encore disponible lors du croisement de données, seuls les recensements de 1979, 1988, 2000 et 2010 ont été utilisés.

La figure 1 présente un schéma récapitulatif de la méthode de sélection des exploitations professionnelles de la vigne au sein du RA.

Figure 1: Schéma récapitulatif de la méthode de sélection des exploitations viticoles professionnelles au sein du recensement agricole



2.2 L'évaluation des expositions aux produits phytopharmaceutiques : production d'indicateurs à partir de la matrice culture-exposition viticulture

Nous invitons le lecteur à consulter le document présentant la méthode générale d'élaboration des matrices cultures-expositions pour un descriptif plus détaillé (11).

Les MCE permettent d'approcher rétrospectivement les expositions aux PPP à partir de la simple connaissance de la culture agricole sur laquelle les individus ont travaillé. Elles pallient ainsi la difficulté des personnes à se remémorer l'ensemble des PPP qu'ils ont pu utiliser au cours du temps. Elles permettent de calculer des indicateurs d'expositions professionnelles à partir de grandes bases de données populationnelles. La MCE viticulture a exigé un important travail de recherche bibliographique (y compris de littérature grise), et un temps d'échanges avec de nombreux partenaires locaux et spécialistes de la production viticole ainsi qu'une exploitation approfondie des données des pratiques culturales (12), enquêtes réalisées par l'Agreste, le service statistique du ministère chargé de l'agriculture.

La MCE viticulture détaille les usages des PPP en listant les grands groupes (herbicides, insecticides, fongicides), les familles chimiques (triazoles, dithiocarbamates, pyréthrinoïdes de synthèse, amino-phosphonates, etc.) et les SA (mancozèbe, fosétyl-al, etc.). Le découpage régional se concentre sur les grands vignobles français. En effet bien qu'on retrouve des exploitations professionnelles viticoles sur l'ensemble du territoire, l'information disponible sur les pratiques phytopharmaceutiques est majoritairement disponible au sein des grands bassins de production. La matrice viticulture est ainsi réalisée distinctement pour 9 grands vignobles : Alsace, Beaujolais, Bordelais, Bourgogne, Champagne, Charentes, Vallée du Rhône/PACA/Corse, Languedoc-Roussillon/Midi-Pyrénées, Val de Loire. Le tableau 1 présente ces 9 vignobles et les départements associés.

Tableau 1 : Zones viticoles renseignées dans la MCE viticulture et départements associés

Zones viticoles	Départements
Alsace	67, 68
Beaujolais	69, 71 (canton chapelle de Guinchay)
Bordelais	33
Bourgogne	71 (hors chapelle de Guinchay), 21, 89
Champagne	10, 51
Charentes	16, 17
Vallée du Rhône/PACA/Corse	07, 13, 26, 83, 84, 2A, 2B
Languedoc-Roussillon/Midi-Pyrénées	11, 30, 32, 34, 46, 81
Val de Loire	37, 41, 44, 49

La matrice viticulture fait état de l'usage des PPP au sein des exploitations professionnelles viticoles de 1980 à 2016. Le choix de bornage des dates dépend de plusieurs paramètres, le premier étant la disponibilité des recensements agricoles pour le croisement avec les données de la matrice viticulture. En effet comme indiqué dans le § 2.1 du présent document la sélection des exploitations professionnelles viticoles n'est possible qu'à partir du recensement de 1979. Le choix s'est donc porté sur l'année 1980 pour la borne inférieure de la matrice viticulture, l'information disponible sur les protocoles de traitements phytosanitaires étant par ailleurs particulièrement difficile à obtenir pour les années antérieures aux années 1980. Concernant la borne supérieure, en date de la réalisation de la matrice viticulture le recensement 2020 n'était pas disponible pour le croisement. La date a été arrêtée à l'année 2016, car il s'agissait de l'année de la dernière enquête sur les pratiques culturales en viticulture réalisée par l'Agreste. Cette période 1980-2016 a ensuite été découpée en périodes plus petites, considérées, pour simplification, comme globalement homogènes dans les pratiques phytosanitaires sur la vigne. Les périodes prises en compte sont les suivantes : 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009 et 2010-2016.

La MCE viticulture s'intéresse aux usages de trois grands groupes : (1) les fongicides (principal poste de traitement phytopharmaceutique), (2) les insecticides et acaricides et (3) les herbicides. Le renseignement des PPP utilisés est réalisé au niveau des différentes familles chimiques et dans la mesure du possible, au niveau de la SA. Toutefois certaines SA appartenant à des familles chimiques avec un grand nombre de substances n'ont pu être évaluées individuellement, faisant souvent l'objet d'alternance d'usages entre elles. C'est notamment le cas des familles des triazoles (groupe des fongicides) de 1980 à 2009, des organophosphorés et des pyréthrinoïdes de synthèse (groupe des insecticides) de 1980 à 1999. Pour ces PPP, seules les données au niveau des familles sont fournies par la MCE et aucune donnée sur les SA n'est disponible.

Pour les neuf zones géographiques délimitées, pour chaque période chronologique et pour chaque SA, famille chimique et groupe, 2 types d'indicateurs d'exposition ont été quantifiés :

1) **la probabilité d'utilisation**, qui correspond à la proportion annuelle des exploitations sur lesquelles a pu être utilisée une famille chimique ou une SA ; soit le rapport entre le nombre d'exploitations professionnelles viticoles ayant utilisé au cours de l'année le PPP et le nombre total d'exploitations professionnelles viticoles.

2) **la fréquence d'utilisation**, qui permet de caractériser le nombre moyen de traitements effectués chaque année sur la vigne pour le PPP considéré.

L'intensité d'utilisation, qui est habituellement renseignée dans les matrices cultures-expositions du programme Matphyto n'a pu être évaluée au sein de la matrice vigne. Elle indique la quantité moyenne de produit appliquée à l'hectare (en un seul traitement). Cette information permet d'évaluer les quantités de SA appliquées à chaque traitement par les utilisateurs de PPP. Il s'agit d'une moyenne exprimée en g/ha de SA. En règle générale, les intensités sont calculées à partir des recommandations des guides techniques et des homologations, et sont moyennées. Compte tenu du grand nombre de SA appliquées en mélange, allant parfois jusqu'à 6 dans les mélanges fongicides, l'imprécision était trop importante pour ajouter de manière fiable cet indicateur à la matrice, en particulier pour les années précédant 2010. Une version ultérieure de la MCE pourra prendre en compte cet élément pour les années plus récentes.

Les indicateurs de la MCE viticulture de 3 périodes (1980-1989, 2000-2009, 2010-2016) ont été croisés avec les données populationnelles des 4 années du RA (1979, 1988, 2000 et 2010). Nous avons fait le choix de croiser le RA 1979 avec la MCE bien que cette année ne soit pas couverte par les périodes de celle-ci. En effet nous avons considéré d'un point de vue populationnel l'année 1979 comme suffisamment proche de l'année 1980, de même du point de vue des pratiques phytosanitaires. A contrario les indicateurs de la période 1990-1999 n'ont pas pu être croisés avec les données du RA, aucune année du recensement n'étant comprise dans cette période. Le RA 1988 a donc été croisé avec les données de la période 1980-1989 car inclus dans cette période.

Le tableau 2 présente la correspondance entre les périodes de la MCE viticulture et les années du RA avec lesquelles elles ont été croisées.

Tableau 2: Correspondance entre les périodes de la matrice viticulture et les années du recensement agricole

Périodes MCE viticulture	Années du RA
1980-1989	1979 et 1988
1990-1999	Pas de correspondance possible
2000-2009	2000
2010-2016	2010

2.3 Association des effets sanitaires connus ou suspectés d'être liés à une exposition chronique aux PPP : utilisation des données de la base CipaTox

Nous invitons le lecteur à consulter le document présentant la méthode de réalisation de la base Cipa (13) ainsi que le mémoire de master 2 sur la caractérisation d'effets toxicologiques des produits phytopharmaceutiques de la base CipaTox (14).

Afin d'identifier les effets sanitaires des PPP utilisés en traitements de la vigne dans la population professionnelle agricole exposée, les bases de données Cipa (Compilation des Index phytosanitaires Acta) et son volet toxicologique (CipaTox), élaborées par Santé publique France et l'Université Lyon 1, ont été utilisées. Cipa est une compilation de tous les index phytosanitaires Acta publiés depuis 1961 ; y sont renseignées toutes les SA phytopharmaceutiques homologuées en France depuis cette date et les cultures agricoles associées. CipaTox, a été élaborée dans l'objectif de documenter pour chaque PPP présent dans Cipa les effets chroniques connus ou suspectés qu'il produit sur la santé humaine.

CipaTox décrit les effets cancérogènes, mutagènes-génotoxiques, reprotoxiques, respiratoires, immunotoxiques, neurotoxiques, cardiotoxiques, hépatotoxiques, néphrotoxiques, hématotoxiques et de perturbations endocriniennes (PE) des SA. Dans cette étude, nous avons fait le choix de limiter notre analyse aux effets cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques. Les informations sont issues d'une recherche bibliographique pour identifier les monographies publiées par des organismes reconnus. Ce sont des organismes français (Anses, INRS), européens (Journal Officiel de la Communauté européenne ; Agence européenne des substances chimiques (ECHA)), internationaux (Centre international de recherche sur le cancer (Circ/OMS), Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (*Food and Agriculture Organization*, FAO), ou étrangers (Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA), *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (USA-ATSDR), *National Institute of Public Health and the Environment* (RIVM - Pays-Bas), Santé Canada, *Office of Environmental Health Hazard Assessment* (OEHHA)).

La réglementation européenne ainsi que les méthodes d'évaluation des PPP ont beaucoup évolué dans le cadre de la directive 91/414/CEE puis du règlement CE 1107/2009 entraînant la réévaluation et l'interdiction de nombreuses SA et spécialités commerciales. Les organismes précédemment cités ont toutefois pu évaluer la dangerosité d'une SA a posteriori de son interdiction et mettre en évidence un ou plusieurs effets sur la santé humaine.

2.3.1 Effets cancérogènes

Le lien entre l'exposition à une substance chimique et la survenue éventuelle d'un cancer est documenté à partir de trois sources : l'UE, le Circ et l'US-EPA. Chacune de ces organisations propose sa propre classification, avec parfois plusieurs dénominations coexistantes.

Le Tableau 3 fait la synthèse des trois classifications et leur correspondance selon les différents niveaux de preuve. Le gradient détaillé d'identification du danger de cancérogénicité est issu de la base CipaTox, et en l'absence de consensus entre les sources (UE, Circ et US-EPA), l'approche du pire cas a été retenue. Dans notre étude, seuls les effets cancérogènes classés comme avérés, supposés ou suspectés sont considérés.

Tableau 3 : Correspondance entre les trois classes de cancérogénicité de la base CipaTox et les classements de l'UE, du Circ et de l'US-EPA

Classification de la cancérogénicité selon les instances réglementaires et internationales				Gradient détaillé d'identification du danger de cancérogénicité (CipaTox)
UE (catégories)	Circ (groupes)	US-EPA		
		Catégories (avant 2005)	Intitulés (après 2005)	
1A	1	A	Carcinogenic to humans	Avérés
1B	2A	B (B1/ B2)	Likely to be carcinogenic to humans	Supposés
2	2B	C	Suggestive evidence of carcinogenic potential	Suspectés
-	3 / 4	D / E	Inadequate information to assess carcinogenic potential / not likely to be carcinogenic to humans	Peu probables
-	-	-	-	Non évalués

2.3.2 Effets mutagènes-génotoxiques et reprotoxiques

Ces effets sont renseignés par le classement réglementaire de l'UE (règlement CLP, CE n° 1272/2008) en vigueur depuis 2008 en remplacement des directives 67/548/CEE et 1999/45/CE modifiées. Des éléments d'explication du règlement CLP sont fournis dans le Tableau 4.

Tableau 4 Classification des substances mutagènes-génotoxiques et reprotoxiques selon la directive CE n° 1272/2008

Groupe		Effets mutagènes-génotoxiques	Effets reprotoxiques
1A	Description	Mutagène avéré pour l'être humain	Reprotoxique avéré
	<i>Bases scientifiques</i>	<i>Études épidémiologiques humaines</i>	<i>Études humaines</i>
1B	Description	Mutagène considéré pour l'être humain	Reprotoxiques présumé
	<i>Bases scientifiques</i>	<i>Essais in vivo sur cellules germinales mammifères</i>	<i>Études animales transposables à l'Homme</i>
2	Description	Mutagène suspecté pour l'être humain	Reprotoxique suspecté
	<i>Bases scientifiques</i>	<i>Essais in vivo sur cellules somatiques/essais in vitro</i>	<i>Études humaines et/ou animales non probantes</i>

2.4 Calculs des prévalences d'exposition (taux de prévalence et effectifs)

L'exposition aux pesticides des travailleurs agricoles est très hétérogène, tant en ce qui concerne les intensités d'exposition que les tâches au cours desquelles a lieu le contact avec les SA (14), (15), (16). Il n'est pas possible de déterminer précisément ces tâches, ni les niveaux d'exposition pour les différents types de travailleurs (exploitants, salariés, etc.), en l'absence d'un recueil historique des opérations effectuées. D'une part, les traitements sont réalisés avec un matériel variable en termes de techniques d'application ou de fiabilité, en portant ou non des équipements de protection individuels (EPI) efficaces et, d'autre part, les individus exposés ne sont pas seulement ceux qui appliquent les traitements : il peut s'agir aussi des individus qui manipulent les préparations commerciales (achat, stockage, etc.), préparent les bouillies (remplissage des pulvérisateurs avec les préparations commerciales et les adjuvants), se déplacent dans les parcelles déjà traitées (ré-entrée), ou bien encore manipulent les récoltes ou réalisent des traitements post-récolte. Pour ces raisons, il n'a pas été possible de déterminer le statut d'exposition des travailleurs agricoles au niveau individuel.

En conséquence, pour quantifier la prévalence de l'exposition, c'est-à-dire le pourcentage de travailleurs exposés, l'étude a considéré que l'usage d'un PPP ou d'une famille de PPP dans une exploitation agricole est susceptible d'exposer tous ses travailleurs, exploitants et salariés. La prévalence d'exposition à un PPP donné, pour l'ensemble des travailleurs agricoles, a ainsi été approchée par la probabilité d'usage de ce pesticide au sein des exploitations agricoles, indiquée dans la MCE (11). Ainsi, si 20 % des exploitations professionnelles viticoles utilisent un PPP à un temps donné, la prévalence de l'exposition à ce PPP parmi la population des travailleurs agricoles des exploitations professionnelles viticoles qui a été considérée dans l'étude est de 20 %.

Les effectifs de travailleurs exposés ont ensuite été calculés en multipliant les prévalences d'exposition par les nombres de travailleurs fournis par les recensements agricoles de 1979, 1988, 2000 et 2010, concernant les deux populations de travailleurs agricoles de la vigne pour lesquelles des données sociodémographiques robustes sont disponibles : la MOF et la MOS.

La méthode de calcul des effectifs exposés (EE) aux différents PPP au sein des exploitations professionnelles viticoles est la suivante :

$$\mathbf{EE_x = ET-vigne-x * PU-vigne-x}$$

EE_x = effectif des travailleurs exposés présents au sein des exploitations professionnelles viticoles l'année X

ET-vigne-x = effectif total des travailleurs des exploitations professionnelles viticoles l'année X (d'après le RA de l'année X)

PU-vigne-x = probabilité d'usage des PPP dans les exploitations professionnelles viticoles l'année X (d'après la MCE)

3 RÉSULTATS

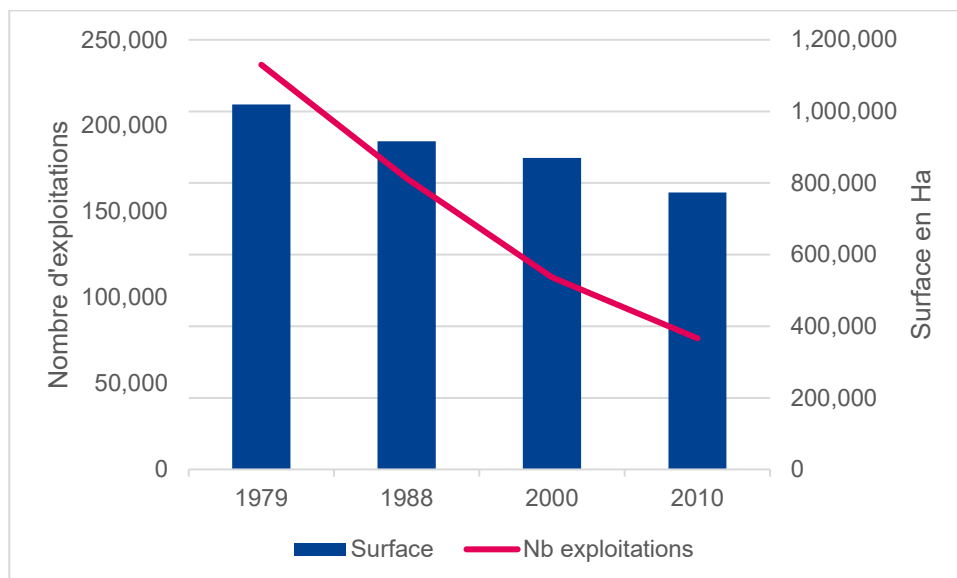
Cette partie présente les résultats de l'exploitation de chacune des trois BDD : le RA, la MCE viticulture et CipaTox. La quatrième partie précisera l'intérêt de combiner ces trois bases pour aboutir à des résultats innovants décrivant le continuum entre la population exposée, les SA utilisées et leurs toxicités.

3.1 Recensement agricole : caractéristiques des exploitations, de la main-d'œuvre familiale et de la main-d'œuvre salariée des exploitations professionnelles viticoles

3.1.1 Les exploitations viticoles professionnelles

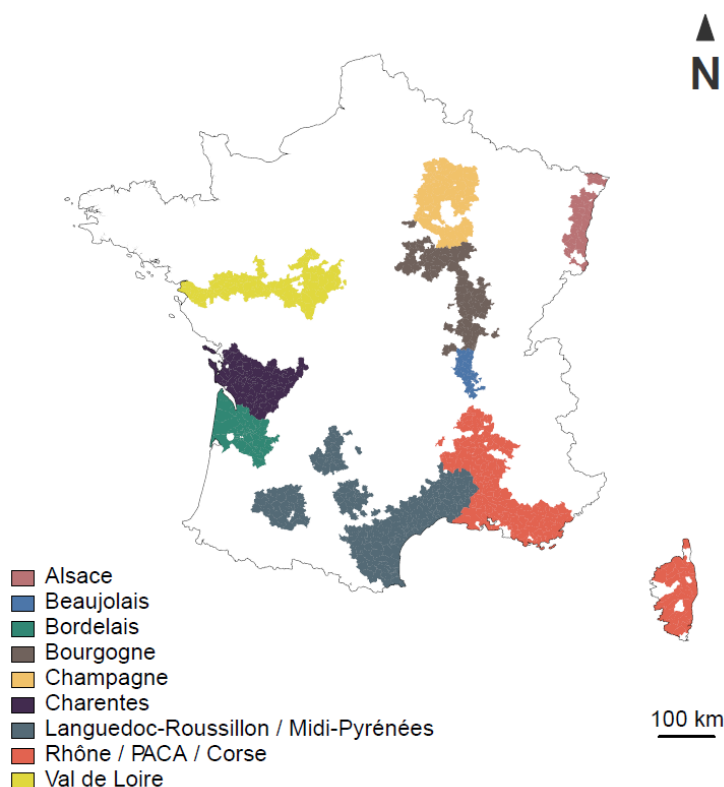
Le nombre total d'exploitations professionnelles viticoles des neuf zones géographiques de la MCE viticulture a diminué de 68 % entre 1979 et 2010 passant ainsi de 235 484 à 76 316 exploitations (figure 2). Cette baisse est plus importante dans certains vignobles, notamment les vignobles du Sud (Languedoc-Roussillon/Midi-Pyrénées avec 24 572 exploitations professionnelles viticoles en 2010 versus 96 882 en 1979, Vallée du Rhône/PACA avec 10 387 exploitations professionnelles viticoles en 2010 versus 38 492 en 1979) et celui du Val de Loire, 4 687 exploitations professionnelles viticoles en 2010 contre 34 628 en 1979. A contrario le vignoble champenois se différencie par son nombre d'exploitations professionnelles viticoles stable depuis 1979, voire en légère augmentation puisqu'il passe de 12 621 exploitations en 1979 à 13 524 en 2010.

Figure 2 : Nombre d'exploitations professionnelles viticoles pour les neuf zones de la MCE viticulture et surface (ha) en vigne associée pour les quatre recensements agricoles (1979, 1988, 2000 et 2010)



La figure 3 représente les cantons au sein desquels sont présentes des exploitations professionnelles viticoles pour les neuf zones renseignées au sein de la MCE viticulture à partir des données du RA 2010. Il est important de noter que des exploitations professionnelles viticoles sont aussi présentes en dehors des zones de découpage géographique de la MCE (exemples : côtes du Forez, vignoble de Savoie, Jura etc.). Ces exploitations professionnelles, hors des 9 vignobles étudiées par la MCE, représentent moins de 3 % de l'ensemble des exploitations viticoles professionnelles en France en 2010.

Figure 3: Cantons ayant des exploitations professionnelles viticoles pour les 9 zones géographiques de la matrice viticulture en 2010



La surface totale en vigne des exploitations professionnelles viticoles appartenant aux neuf zones géographiques de la MCE viticulture diminue également mais de manière moins importante (24 %) que le nombre d'exploitations : 1 019 333 ha en 1979 versus 773 605 ha en 2010 (figure 2). Ceci s'explique par la baisse globalisée du nombre d'exploitations agricoles au cours des quarante dernières années (17) favorisant une diminution du nombre d'exploitations professionnelles viticoles, mais parallèlement une augmentation de la surface moyenne de vigne par exploitation (3,9 ha en 1979 contre 10,3 ha en 2010).

3.1.2 La main-d'œuvre familiale (MOF)

La répartition hommes-femmes parmi la MOF est globalement stable entre 1979 et 2010 : 63 % d'hommes en 1979 versus 65 % en 2010. De même, la répartition entre les classes d'âge, que ce soit parmi les hommes ou les femmes, n'évolue que très peu entre les années du recensement avec une représentation majoritaire des 46-65 ans (figures 4 et 5). Cette classe d'âge représente 47 % de la MOF hommes en 1979 et 52 % en 2010. Les hommes sont majoritairement des chefs d'exploitation (80 % parmi la MOF hommes en 1979 versus 72 % en 2010). Si les femmes ont été majoritairement main-d'œuvre familiale salariée de l'exploitation ou aides-familiales au sein de la MOF femmes en 1979 (88 %), 1988 (77 %) et 2000 (53 %), la tendance s'inverse dans le RA 2010 où elles ne sont plus que 37 % dans cette catégorie alors que 49 % des femmes sont cheffes d'exploitation.

Figure 4: Répartition selon l'âge de la MOF Hommes travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole (1979, 1988, 2000 et 2010)

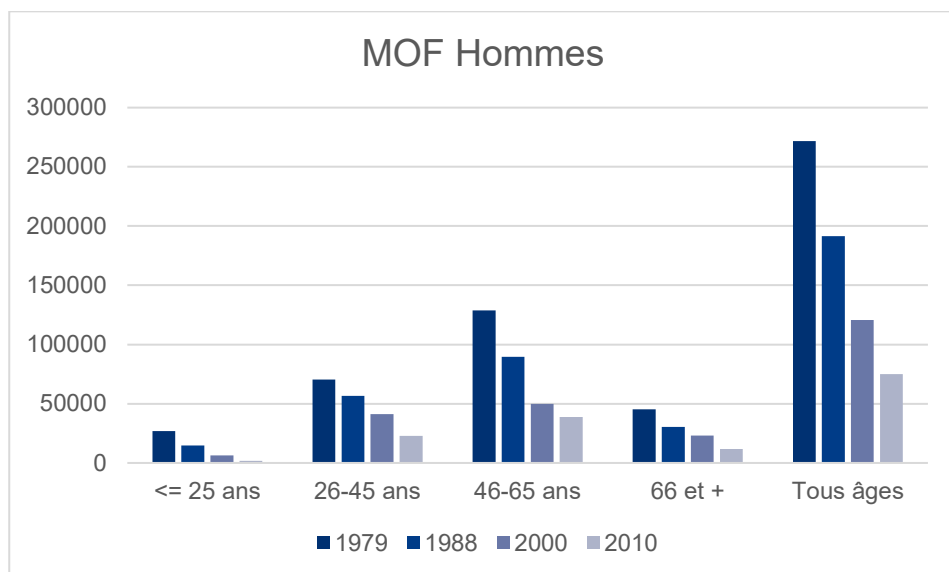
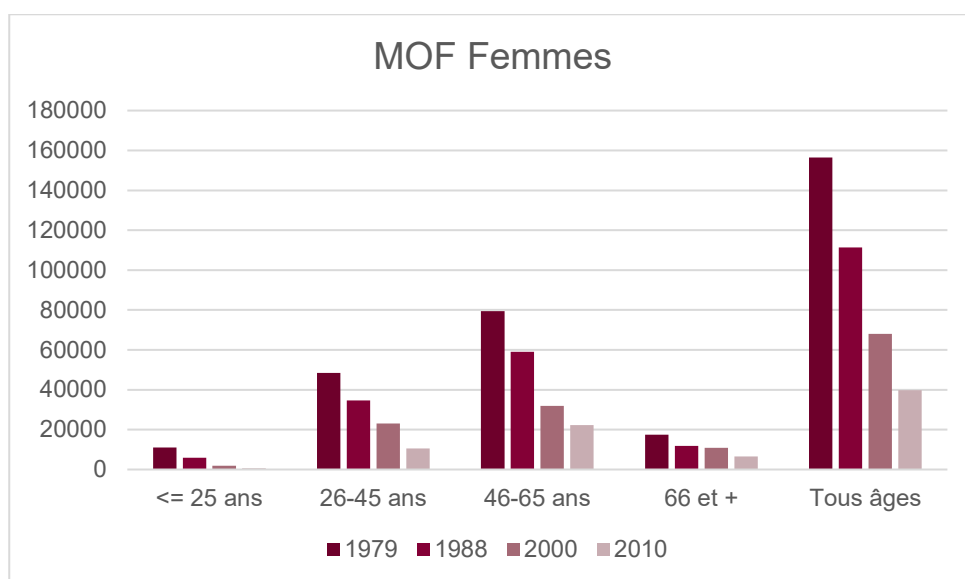


Figure 5: Répartition selon l'âge de la MOF Femmes travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole (1979, 1988, 2000 et 2010)



3.1.3 La main-d'œuvre salariée (MOS)

La comptabilisation de la MOS (main-d'œuvre salariée non familiale) dans les RA peut être concernée par des doublons. En effet lorsqu'un salarié partage son temps de travail entre plusieurs exploitations et a donc plusieurs employeurs, il est comptabilisé par chacune d'entre elles dans le RA. Dans le cas de deux employeurs, ce salarié sera compté deux fois. Le nombre d'employeurs par salarié, variable disponible à partir du RA de 1988 mais absente du RA de 1979, peut varier de 2 à 10. Il n'est pas possible de faire de liens entre les salariés déclarés d'une exploitation à l'autre. Ainsi, une exploitation viticole peut déclarer un salarié et indiquer qu'il travaille dans une autre exploitation, mais nous ne connaissons pas cette autre exploitation agricole. Il peut s'agir, soit d'une exploitation viticole et donc engendrer un doublon dans le cas de notre étude, soit d'une exploitation sans activité viticole et donc ne pas engendrer de doublon. Il n'existe pas de méthode permettant d'éviter parfaitement le comptage des doublons dans cette catégorie de population.

Pour estimer les effectifs sans doublons de la MOS, deux hypothèses extrêmes peuvent être posées. L'hypothèse 1 estime que l'ensemble des autres employeurs des salariés viticoles retenus ne sont pas une exploitation viticole. En comptabilisant l'ensemble des salariés viticoles, il n'y a donc aucune problématique de doublons puisque les salariés travaillent au sein d'une unique exploitation viticole. L'hypothèse 2 estime que l'ensemble des autres employeurs des salariés viticoles sont des exploitations viticoles professionnelles. Il existe ainsi autant de doublons que d'employeurs pour un même salarié.

L'hypothèse 1 et l'hypothèse 2 constituent respectivement le nombre maximal et minimal de salariés travaillant au sein des exploitations. Les effectifs réels de la MOS se situent entre les estimations de l'hypothèse 1 et de l'hypothèse 2. En comparant les effectifs selon les deux méthodes, l'hypothèse 1 surestime de 5 % à 6 % les effectifs de l'hypothèse 2. Par ailleurs en 1979, il n'est pas possible d'estimer les effectifs de l'hypothèse 2 car la variable nécessaire n'est pas disponible. Cette surestimation (théorique et maximale) étant relativement modérée, l'hypothèse 1 a donc été retenue.

Le nombre de salariés occupant un emploi dans une exploitation viticole professionnelle selon l'hypothèse 1 est estimé à 63 972 en 1979, 43 455 en 1988, 51 050 en 2000 et 47 740 en 2010.

La part de la population féminine parmi la main-d'œuvre salariée au sein des exploitations professionnelles viticoles a tendance à augmenter au cours du temps, puisqu'elle passe de 14 % en 1979 à 26 % en 2010. En effet la viticulture comme l'agriculture en général se féminise (18). Si le nombre de femmes présentes au sein de ces exploitations augmente (8 837 en 1979 et 12 334 en 2010, soit une augmentation de 40 %), l'effet inverse, est observé chez les salariés hommes (55 135 en 1979 et 35 406 en 2010 soit une baisse de 36 %).

Hommes et femmes confondus, la tranche d'âge 26-45 ans est la plus représentée parmi cette population avec respectivement pour 1988, 2000 et 2010 : 51 %, 57 % et 51 % des effectifs pour les hommes, 52 %, 60 % et 51 % des effectifs pour les femmes. Rappelons que la différenciation en classes d'âge de la MOS n'est pas disponible pour le RA 1979. La MOS est moins âgée que la MOF et la tranche d'âge des 66 ans et plus est absente s'agissant de personnels salariés retraités (figures 6 et 7).

Figure 6: Répartition selon l'âge de la MOS Hommes travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement (1979, 1988, 2000 et 2010)

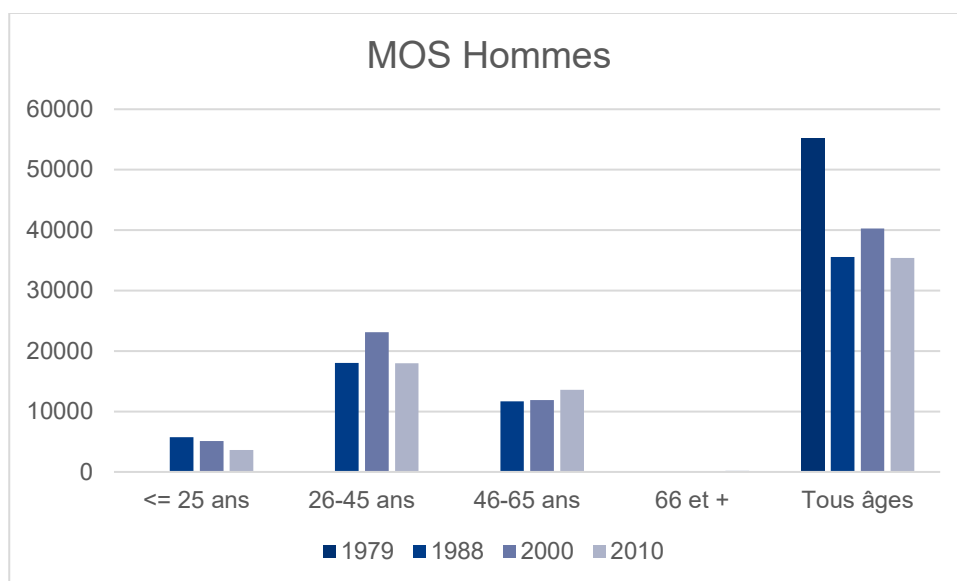
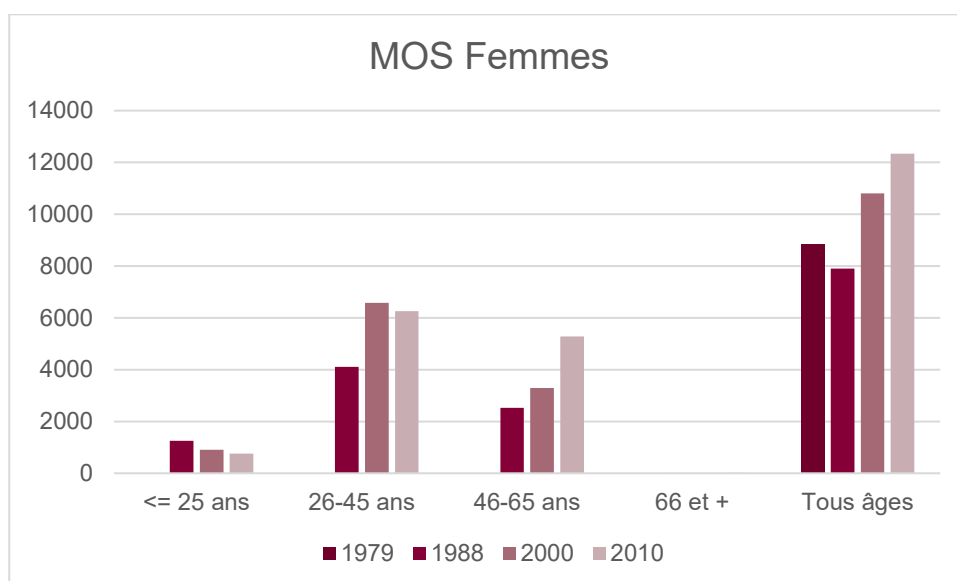


Figure 7: Répartition selon l'âge de la MOS Femmes travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement (1979, 1988, 2000 et 2010)



3.1.4 La main-d'œuvre permanente : résumé

Le tableau 5 présente les effectifs de la main-d'œuvre permanente totale (MOF+MOS). La main-d'œuvre permanente sur les exploitations professionnelles viticoles a continuellement diminué entre 1979 et 2010, de 246 025 à 162 608 (-67 %). La part de la MOS parmi la main-d'œuvre permanente a augmenté, passant de 13 % à 29 %. Ceci s'explique en grande partie par une augmentation de la part d'exploitations professionnelles viticoles faisant appel à de la MOS au sein des neuf zones géographiques de la MCE viticulture (13 % en 1979 versus 25 % en 2010). Toutefois le recours à la MOS est très disparate entre les zones géographiques, en effet en 2010 12 % des exploitations professionnelles viticoles de la zone Alsace faisaient appel à de la MOS contre 53 % pour la zone Bourgogne. Cette différence est encore plus importante en 1979 : 24 % des exploitations de la zone Bourgogne contre 4 % de la zone Alsace.

Tableau 5: Effectifs de la MOF et de la MOS pour les quatre années du recensement agricole (1979, 1988, 2000 et 2010)

	MOF		MOS		Total	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
1979	271 690 (63%)	156 388 (37%)	55 135 (86%)	8 837 (14%)	326 825 (66%)	165 225 (34%)
1988	191 397 (63%)	111 381 (37%)	35 553 (82%)	7 902 (18%)	226 950 (66%)	119 283 (34%)
2000	120 660 (64%)	67 960 (36%)	40 250 (79%)	10 800 (21%)	160 910 (67%)	78 760 (33%)
2010	75 108 (65%)	39 760 (35%)	35 406 (74%)	12 334 (26%)	110 514 (68%)	52 094 (32%)

3.2 MCE viticulture : expositions aux produits phytopharmaceutiques dans les exploitations professionnelles viticoles

Neuf zones ont été distinguées au sein de la MCE viticulture et leurs pratiques moyennées pour les indicateurs probabilité et fréquence sur 4 périodes (1980-1989, 1990-1999, 2000-2009, 2010-2016). La MCE viticulture a été construite par grands groupes de produits : fongicides, insecticides et herbicides. Seuls les traitements en plantation pour les vignes destinées à la production de raisins de cuve ou de table ont été étudiés, sont de ce fait exclus les traitements de sol, les traitements sur vignes mères de porte-greffes et de greffons et en pépinières viticoles.

Les exploitations converties en agriculture biologique sont incluses dans les probabilités et fréquences moyennes de la matrice. À titre indicatif la viticulture biologique (certification et conversion) représente en 2020, 17 % des surfaces de vigne cultivées en France et près de 10 000 exploitations viticoles (19).

3.2.1 Les traitements fongicides

Les produits fongicides de synthèse se sont notamment développés après la seconde guerre mondiale. Ils sont alors considérés comme une solution particulièrement efficace en complément des traditionnels traitements à base de produits minéraux : le cuivre et le soufre. Ils visent les champignons parasites des organes herbacés et du bois de la vigne.

Entre 1980 et 2016, dates de début et fin de la MCE viticulture les traitements ont évolué. On notera comme points majeurs :

- L'interdiction des produits arsenicaux en 2001 très utilisés contre les maladies du bois² de la vigne et qui à ce jour ne disposent pas de méthode de lutte chimique de remplacement ;
- L'arrivée sur le marché de la famille chimique des strobilurines à la fin des années 1990 avec l'homologation de l'azoxystrobine contre le mildiou et l'oïdium ;
- L'homologation du diméthomorphe de la famille des dérivés de l'acide cinnamique, également contre le mildiou, à partir du milieu des années 1990 ;
- Le développement de la famille chimique des triazoles avec l'homologation de plusieurs SA dans les années 1990 ;
- Concernant le botrytis, les anilino-pyrimidines et les phénylpyrroles ont peu à peu supplanté les benzimidazoles, utilisées en association avec les phényl-carbamates, ainsi que les dicarboximides tous à l'origine de résistances
- Plus récemment les hydroxylanilides et les amines, amides (fluazinam) sont également des solutions de choix dans la lutte contre le botrytis (4) ;
- On citera également les SDHI (boscalid et fluopyram) qui ont connu un développement important en viticulture à partir de la 2^e moitié des années 2000.

On peut considérer que l'ensemble des parcelles de vigne appartenant aux exploitations professionnelles viticoles ont été traitées à partir d'au moins un fongicide minéral ou de synthèse.

Par ailleurs on observe une différence dans la fréquence de traitements entre les vignobles et entre les années. Concernant la fréquence globale de traitement par des fongicides sur la vigne, elle varie de 6,5 pour le vignoble Vallée du Rhône/PACA/Corse sur la période 2010-2016 à 12 pour le vignoble Champagne sur la période 1980-1989.

Les maladies de la vigne

Parmi les maladies cryptogamiques majeures sur vigne, l'oïdium et le mildiou restent les cibles principales des traitements fongicides. Elles peuvent atteindre toutes les deux, tous les organes herbacés de la vigne. L'oïdium est principalement caractérisé par une poussière blanche grisâtre que l'on retrouve au dos des feuilles, les inflorescences ou les jeunes grappes. Le mildiou est reconnaissable par le faciès « taches d'huile » sur les feuilles ou « rot brun » sur les baies.

Le botrytis a longtemps été considéré comme une maladie secondaire sur vigne, il peut cependant entraîner des dégâts importants ayant une incidence significative sur le rendement.

D'autres champignons attaquent la vigne, le black rot, l'excoriose, le rougeot parasitaire, l'esca ou encore le pied noir. La lutte s'organise à partir de mesures prophylactiques et l'utilisation de substances homologuées contre le mildiou ou l'oïdium (4).

² Les maladies du bois de la vigne comprennent trois maladies : l'eutypiose, l'esca et le *Black Dead Arm*.

Les principales familles chimiques

Du fait de l'importance des maladies cryptogamiques qui attaquent la vigne, la diversité des traitements est capitale et ils sont principalement utilisés en préventif, c'est-à-dire avant la présence des symptômes sur feuilles. Au sein de la matrice vigne, 65 SA fongicides appartenant à 33 familles chimiques ont été recensées. L'usage de ces substances a été renseigné dès lors que celui-ci dépasse une probabilité d'utilisation de 5 % dans l'un des vignobles. Les 21 principales familles chimiques fongicides de la MCE viticulture (sur 33 au total) sont présentées en annexe 1. Sont ci-dessous développées les données d'utilisation de 5 familles chimiques fongicides : les acétamides (SA : cymoxanil), les dicarboximides (SA : folpel), les dithiocarbamates (SA : mancozèbe et métirame-zinc), les phosphonates (SA : fosétyl-al) et les triazoles (sans détail au niveau des SA avant 2010).

Les acétamides

Il s'agit de la famille chimique d'une SA très utilisée en vigne sur les 4 périodes de la MCE et dans l'ensemble des vignobles : le cymoxanil. Anti-mildiou à action pénétrante, il n'est jamais commercialisé seul mais en association avec le folpel, le mancozèbe, le métirame-zinc, le cuivre, le fosétyl-al etc. À noter qu'en règle générale une spécialité commerciale fongicide sur vigne présente 2 à 3 SA en mélange. Sa persistance d'action étant de 10-12 jours en moyenne, il est nécessaire de renouveler les traitements. La probabilité d'utilisation de cette substance a été estimée entre 40 % et 90 % en fonction des vignobles : le vignoble Vallée du Rhône/PACA/Corse étant celui où le moins de viticulteurs ont eu recours à cette substance à l'inverse du vignoble Champenois. Sa fréquence d'utilisation varie elle aussi fortement entre vignobles, puisqu'elle a été estimée à 1,5 passages en moyenne en Charentes sur la période 2010-2016 et à 5 passages en Champagne en moyenne sur la période 1980-1989.

Les dicarboximides

Le folpel, utilisé majoritairement en tant qu'anti-mildiou, est le représentant majeur de cette famille chimique au sein de laquelle on retrouve également la procymidone et la vinchlozoline, toutes deux jusqu'en 2009 mais dont l'usage est bien moindre. Sur l'ensemble des périodes de la MCE la probabilité d'utilisation du folpel peut s'élever jusqu'à 90 %, mais c'est en Vallée du Rhône/PACA/Corse que l'on retrouve sa plus faible probabilité d'utilisation (50 %). Sa fréquence d'utilisation est elle aussi très importante allant jusqu'à 6 passages en Champagne en 1980. Sur la période 2010-2016 sa fréquence d'utilisation a nettement diminué variant selon les vignobles de 2 à 3,5 passages pour le Beaujolais. Il est utilisé en mélange avec de nombreuses substances.

Les dithiocarbamates

Le mancozèbe et le métirame-zinc sont les principaux représentants de cette famille chimique de par leur probabilité d'utilisation. Le manèbe fait également partie de cette famille mais est plus ancien (période 1980-1989). La probabilité d'utilisation de cette famille chimique est très importante que ce soit en termes de vignobles ou de périodes : la probabilité d'utilisation maximum atteinte étant en champagne (97 %) sur la période 2010-2016, la probabilité minimum en Vallée du Rhône/PACA/Corse (54 %). Globalement, le mancozèbe est légèrement plus utilisé que le métirame-zinc en termes de probabilité et également de fréquence (2,7 passages en moyenne tous vignobles et périodes confondus versus 2,3 passages).

Les phosphonates

Le fosétyl-al, anti-mildiou, est le représentant majeur de cette famille et l'unique jusqu'à la période 2010-2016 avec l'arrivée sur le marché du disodium-phosphonate (utilisé en association avec le cyazofamide) et le phosphonate de potassium (utilisé seul). Le fosétyl-al est utilisé en association avec de nombreuses SA. Il atteint une probabilité d'utilisation très forte dans le Bordelais et en Champagne sur la période 1990-1999 (90 %), son utilisation est stable sur la période 2010-2016

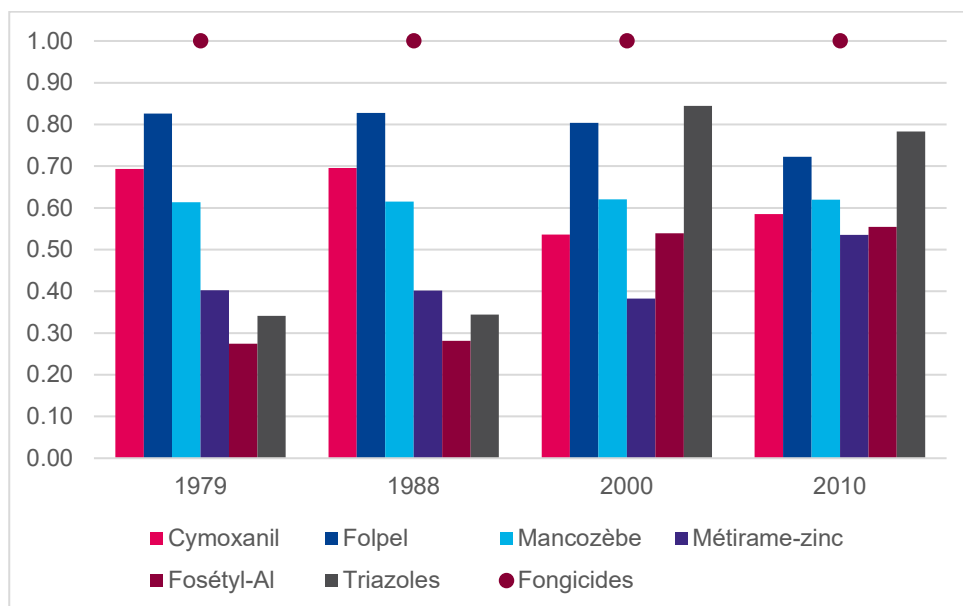
pour certains vignobles (95 % en Champagne) mais en diminution pour d'autres (50 % dans le Bordelais). Sa fréquence d'utilisation diminue globalement dans l'ensemble des vignobles passant de 3 en moyenne au niveau national sur la période 1990-1999 à 2,3 sur la période 2010-2016.

Les triazoles

Il s'agit d'une famille chimique comprenant de nombreuses SA (difénoconazole, flusilazole, hexaconazole, myclobutanil etc.) dont les phénomènes de résistances sont également nombreux. Du fait de l'importance du nombre de SA et de leur caractère interchangeable dans la lutte contre l'oïdium, il n'a pas été possible d'estimer leur utilisation individuellement. La probabilité d'utilisation et la fréquence ont donc été évaluées au niveau de la famille chimique sauf pour la période 2010-2016 où les enquêtes des pratiques culturales en viticulture réalisées par l'Agreste nous ont permis de descendre au niveau de la SA. Ainsi tous les vignobles de 1980 à 2016 sont concernés par l'usage des triazoles avec une probabilité d'utilisation France entière de près de 60 % sur les quatre années du recensement. La fréquence d'utilisation au niveau de la famille chimique varie de 1,5 à 3 passages. Enfin pour la période 2010-2016 le tébuconazole est la substance la plus utilisée de la famille des triazoles avec une probabilité moyenne France entière d'environ 45 %.

La figure 8 présente les probabilités d'utilisation du cymoxanil, du folpel, du fosétyl-al, du mancozèbe et du métirame-zinc ainsi que de la famille chimique des triazoles qui sont parmi les fongicides les plus utilisés au niveau France entière par les exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole.

Figure 8: Probabilités d'utilisation France entière de 5 substances actives (Cymoxanil, Folpel, Mancozèbe, Métirame-zinc, Fosétyl-Al) et d'une famille chimique fongicides (Triazoles) au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole (1979, 1988, 2000 et 2010)



3.2.2 Les traitements insecticides

Les ravageurs de la vigne peuvent être distingués en trois types selon les traitements utilisés dans leur lutte :

- les ravageurs du sol tels que les nématodes,
- les acariens qui attaquent les parties aériennes et contre lesquels de nombreux produits acaricides ont été utilisés dans les années 1980 et 1990
- et les insectes des parties aériennes dont la cicadelle de la flavescence dorée ou les tordeuses de la grappe.

Au sein de la MCE viticulture, le choix a été fait de renseigner uniquement les traitements insecticides et acaricides des parties aériennes, la raison principale étant le manque d'information disponible concernant les traitements de sol réalisés. En effet ces traitements peuvent être effectués avant la plantation de la parcelle de vigne qui en tant que plante pluriannuelle sera en place pour plusieurs décennies. Par ailleurs, nombre des traitements de sol ont été interdits depuis le début des années 2000 et peu d'informations documentées dans des bases de données d'enquêtes sont ainsi disponibles. Dans un souci de simplification, les termes insecticides et acaricides ont été regroupés sous la mention insecticides au sein de la MCE viticulture.

De manière générale, la probabilité ainsi que la fréquence de traitements ont largement diminué depuis les années 1980. Ceci s'explique par une baisse massive de l'utilisation des acaricides à la fin des années 1990 du fait de leur impact fort sur la faune auxiliaire. Les épisodes répétés de canicule depuis celle de 2003 ont également eu un impact sur les larves d'insectes limitant ainsi leur nombre et de ce fait les traitements (6). Au niveau national, la probabilité de traitements insecticides est donc passée entre 1979 et 2010 de 88 % à 68 %, et la fréquence de 4,3 à 1,9 passages.

L'utilisation de la confusion sexuelle à base de phéromones de synthèse a été prise en compte dans la matrice notamment pour la dernière période (2010-2016) qui a vu un fort développement de celle-ci au sein de certains vignobles comme l'Alsace ou la Champagne.

Les principaux ravageurs de la vigne

La vigne compte de nombreux ravageurs, plus d'une cinquantaine d'espèces, ceux-ci n'ont pas tous le même impact économique ni la même localisation au sein des vignobles. Certains sont également présents sporadiquement. Toutefois, concernant les espèces contre lesquelles sont utilisés des traitements insecticides sur les parties aériennes de la vigne, on peut citer parmi les acariens : les tétranyques rouges, jaunes et jaunes communs, les ériophyes ou phytotes. Parmi les insectes, les tordeuses de la grappe, les cicadelles au sens large de l'espèce ou encore les cochenilles font partie des principaux ravageurs (6).

Les principales familles chimiques

Au sein de la matrice vigne, 44 substances actives insecticides appartenant à 25 familles chimiques ont été recensées. L'usage de ces substances a été renseigné dès lors que celui-ci dépasse une probabilité d'utilisation de 5 % dans l'un des vignobles. Les 6 principales familles chimiques insecticides de la MCE viticulture (sur 25 au total) sont présentées en annexe 1. Sont ci-dessous développées les données d'utilisation de 3 familles chimiques insecticides : les carbamates (SA : fénoxy-carbe), les organophosphorés et les pyréthri-noïdes de synthèse (sans détail au niveau des substances actives).

Les carbamates

Plusieurs SA de cette famille chimique ont été utilisées sur vigne, la principale étant le fénoxy-carbe (probabilité maximum de 45 % en Charentes sur la période 1990-1999). Homologué en 1989, il est utilisé en association avec le lufénuron contre les tordeuses de la grappe. Utilisable également seul, sa probabilité d'utilisation reste encore élevée après l'interdiction des benzoyl-urées, famille chimique du lufénuron, sur vigne en 2011, notamment en Alsace (P=30%).

La fréquence de traitements pour la famille chimique des carbamates est homogène entre les vignobles, entre 1 et 1,2 passages.

Les organophosphorés

Les organophosphorés sont une famille chimique très importante dans les traitements insecticides sur vigne. Ils sont présents pour les quatre périodes de la matrice mais le détail en SA n'a été

possible qu'à partir des années 2000 compte tenu de leur grand nombre et de la disponibilité des enquêtes sur les pratiques culturales viticulture d'Agreste qu'à partir de 2006.

Le chlorpyrifos-éthyl reste cependant la SA majeure de cette famille dont les cibles de ravageurs de la vigne sont multiples. La probabilité d'utilisation maximale pour cette SA est de près de 55 % en Charentes au cours de la période 2000-2009. Celle-ci était certainement plus élevée dans l'ensemble des vignobles pour les périodes plus anciennes car la probabilité de la famille chimique des organophosphorés varie de 70 % à 90 % entre 1980 et 1999 (les SA n'ont pu être renseignées individuellement sur ces périodes).

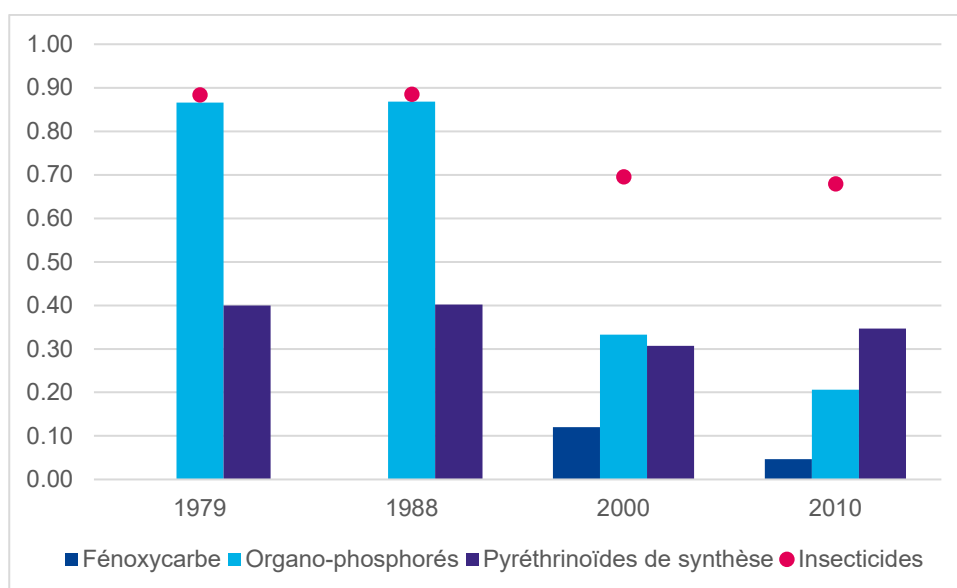
Les pyréthriinoïdes de synthèse

Les pyréthriinoïdes de synthèse sont la plus récente des familles chimiques insecticides majeures sur vigne et la principale actuellement.

Le grand nombre de SA homologuées à partir de la seconde moitié des années 1980 rend, comme pour les organophosphorés, impossible le détail pour chacune d'entre elles. L'usage de cette famille chimique est cependant bien plus variable entre les vignobles que les organophosphorés, notamment sur les années récentes où les traitements insecticides ont beaucoup diminué. Ainsi pour la période 2010-2016, la probabilité d'utilisation de cette famille chimique était inférieure à 5 % en Alsace contre plus de 75 % en Charentes. La fréquence de traitements est quant à elle plutôt homogène, entre 1 et 1,8 passages. La faible utilisation des pyréthriinoïdes de synthèse en Alsace est à mettre en regard de son utilisation du fénoxycarbe (SA de la famille des carbamates) qui est la plus importante au niveau national ainsi que de son recours, dans une certaine mesure, à la confusion sexuelle.

La figure 9 présente les probabilités d'utilisation du groupe des insecticides ainsi que des familles chimiques des organophosphorés et des pyréthriinoïdes de synthèse et du fénoxycarbe, SA de la famille des carbamates, qui sont parmi les insecticides les plus utilisés au niveau France entière par les exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole.

Figure 9: Probabilités d'utilisation France entière d'une substance active (Fénoxycarbe), de 2 familles chimiques insecticides (Organophosphorés et Pyréthriinoïdes de synthèse) au sein des exploitations professionnelles viticoles pour les quatre années du recensement agricole (1979, 1988, 2000 et 2010)



3.2.3 Les traitements herbicides

Les traitements herbicides en vigne ont pour objectif de maîtriser les adventices afin de limiter leur concurrence vis-à-vis de la vigne tant sur le plan hydrique que sur le plan nutritionnel. Ils peuvent être de pré-levée et empêcher ainsi la graine de se développer, ou de post-levée et agir ainsi directement sur les mauvaises herbes. Les herbicides sont également utilisés pour l'épamprage chimique qui consiste à retirer les rameaux non fructifères qui poussent sur la souche ou le porte-greffe à l'aide de produits défanants³ que sont le diquat, le glufosinate d'ammonium ou la carfentrazone-éthyl. Ces deux types d'usage de produits herbicides ont été renseignés au sein de la matrice viticulture. Il est important de noter que le désherbage et l'épamprage ne sont pas obligatoirement chimiques, ils peuvent également être manuels ou mécaniques (20).

Le désherbage chimique, peut être effectué sur le rang, dans l'inter-rang mais également en bordures de parcelles. L'enherbement volontaire de tout ou partie des parcelles de vigne limite le recours aux herbicides, mais ils ne disparaissent pas pour autant. En effet, l'enherbement peut être permanent ou temporaire ; il peut concerner un rang sur deux ou sur trois ; par ailleurs certains vignobles possèdent une distance entre les rangs insuffisante pour permettre le passage des engins d'entretien mécanique du couvert végétal. Enfin, lorsque l'enherbement est total, il est cependant rarement permanent (21). Les pentes importantes que l'on retrouve au sein de certains vignobles jouent également sur le choix des engins agricoles, et en conséquence sur les traitements herbicides.

L'ensemble de ces facteurs explique que l'on n'observe qu'une faible baisse globale de l'usage des herbicides au sein des vignobles, même si certains affichent une diminution plus marquée. En effet la probabilité moyenne pour le groupe des herbicides (France entière) est de 89 % pour la période 1980-1989 et de 81 % pour la période 2010-2016. La fréquence globale herbicide est comprise entre 1 et 2 en fonction des années et des vignobles.

S'il existe un réseau de conseil important pour les traitements phytopharmaceutiques contre les maladies et ravageurs de la vigne, la situation est un peu différente concernant les traitements à base de produits herbicides. Historiquement moins soumis aux préconisations de la part des conseillers viticoles travaillant dans les chambres d'agriculture ou au sein des coopératives viticoles, il semble que ce type de traitement relève plus du choix du viticulteur, rendant l'information disponible pour notre étude plus limitée. La raison réside certainement dans l'impact sur le rendement de la problématique adventices et épamprage, moindre que celui des ravageurs et des maladies cryptogamiques dont l'intervention se doit d'être précise pour garantir le meilleur rendement possible. Cependant, les restrictions récentes sur l'usage du glyphosate en vigne ont tendance à moduler ce constat.

En conséquence, il a été particulièrement délicat d'estimer l'indicateur de la fréquence de traitements herbicides notamment pour les années avant 2000. Les produits herbicides utilisés en désherbage chimique étaient rarement appliqués sur l'ensemble de la parcelle. Outre les traitements différents selon le mode de culture (enherbement sur le rang, un rang sur deux, etc.), des traitements par tâches pouvaient être régulièrement effectués. Dans cette étude, et en l'absence d'information détaillée, la fréquence de chacune des SA du groupe herbicide a été fixée par défaut à 0,5.

Cette problématique sur les fréquences de traitements par des herbicides est moins importante pour les années post 2000, l'apport des enquêtes des pratiques culturales de la viticulture ayant été d'une grande aide dans l'estimation des fréquences de traitements.

Une grande partie des substances du groupe des herbicides ont été utilisées en mélange lors des traitements.

³ PPP permettant de détruire ou dévitaliser les fanes d'une culture avant sa récolte

Les adventices de la vigne

La flore adventice au sein des différents vignobles est très variée, entre annuelles et vivaces. Le viticulteur raisonnera son plan de traitements en fonction de celle présente sur sa parcelle. Il est courant qu'il combine un traitement hivernal et un ou plusieurs traitements au printemps.

Les principales familles chimiques

Au sein de la matrice vigne, 23 SA herbicides appartenant à 17 familles chimiques ont été recensées. L'usage de ces substances a été renseigné dès lors que celui-ci dépasse une probabilité d'utilisation de 5 % dans l'un des vignobles. Les 7 principales familles chimiques herbicides de la MCE viticulture (sur 17 au total) sont présentées en annexe 1. Sont ci-dessous développées les données d'utilisation de 3 familles chimiques herbicides : les amino-phosphinates (SA : glufosinate d'ammonium), les amino-phosphonates (SA : glyphosate) et les urées substituées (SA : diuron).

Les amino-phosphinates

Il s'agit de la famille chimique du glufosinate d'ammonium, SA présente dans les quatre périodes de la matrice et au sein de tous les vignobles. Elle est utilisée pour le désherbage et l'épamprage. Cette SA a été interdite en 2017 sur vigne. Sa probabilité maximale est de 75 % en Champagne sur la période 1990-1999 et estimée comme inférieure à 5 % en Alsace sur la période 1980-1989. À la veille de son interdiction, elle reste encore fortement utilisée avec une probabilité maximale de 55 % également en Champagne sur la période 2010-2016. Sa fréquence est comprise entre 0,5 et 0,8 pour l'ensemble de la matrice.

Les amino-phosphonates

Il s'agit de la famille chimique du glyphosate, substance présente dans l'ensemble des vignobles et utilisée sur toutes les périodes. Herbicide systémique de post-levée, son spectre d'action très large en fait une substance particulièrement utilisée contre les vivaces ou contre les adventices annuelles depuis son homologation sur vigne en 1975. Il est utilisé seul ou en association avec de multiples substances : parmi les plus fréquentes, la simazine, le thiocyanate d'ammonium ou l'aminotriazole. Il est souvent mis sur le marché sous la forme de sel d'isopropylamine, au sein des différentes spécialités commerciales. Pour des raisons de simplification l'ensemble des formes disponibles sur le marché sont regroupées ici sous le terme « glyphosate ». Sa probabilité d'utilisation est élevée au sein de tous les vignobles et atteint près de 95 % en Charentes sur la période 2010-2016. Sa fréquence d'utilisation peut atteindre jusqu'à 0,9 traitement sur certaines périodes.

Les urées substituées

Le diuron, seule SA appartenant à cette famille chimique présente dans la matrice, a été particulièrement utilisée jusqu'à son interdiction en 2008. Cette substance était présente au sein d'un grand nombre de spécialités commerciales. Il a été fortement utilisé dans le Beaujolais que ce soit sur la période 1980-1989 avec une probabilité d'utilisation estimée à 65 % ou sur la période 2000-2009 avec une probabilité de 40 %. Il s'agit de la probabilité maximale en France pour ces deux périodes. Sa fréquence d'utilisation varie de 0,4 en Alsace et Vallée du Rhône/PACA/Corse à 0,9 dans le Beaujolais et le Val de Loire pour la période 2000-2009.

3.3 CipaTox : identification des effets toxiques des substances actives utilisées en viticulture

Pour rappel, seuls les effets cancérogènes, reprotoxiques et mutagènes-génotoxiques sont pris en compte. Ainsi, il n'est aucunement exclu que les SA utilisées pour les traitements sur la vigne aient d'autres effets sanitaires, tels que des effets respiratoires, neurotoxiques, etc.

Par ailleurs, pour certaines périodes, notamment les plus anciennes et pour les familles des organophosphorés, des pyréthriinoïdes de synthèse et des triazoles, il n'a pas été possible de renseigner les indicateurs probabilités et fréquences de l'ensemble des SA les composant. La description s'arrête donc au niveau de la famille chimique notamment pour les périodes les plus anciennes. Les données sur les effets sanitaires n'étant disponibles qu'au niveau des SA, seules celles dont la probabilité et la fréquence ont pu être déterminées par la MCE viticulture sont présentées ici. Pour les familles chimiques des organophosphorés, des pyréthriinoïdes de synthèse et des triazoles, quelques SA sont toutefois présentes dans la MCE viticulture pour les années post 2000. Au total les effets cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques ont été évalués pour 58 SA fongicides, 34 insecticides et 22 herbicides.

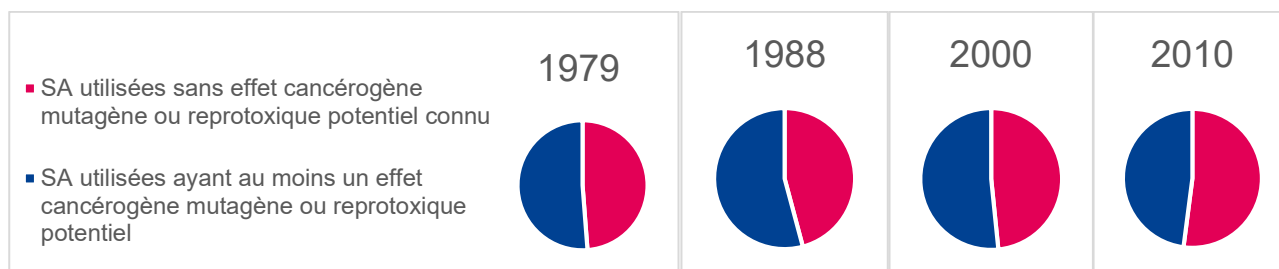
3.3.1 Effets sanitaires des substances actives utilisées sur la vigne lors des quatre recensements agricoles : 1979, 1988, 2000 et 2010

Pour chacune des SA, les trois effets sanitaires retenus (cancérogène, mutagène-génotoxique, et reprotoxique) ont été considérés. Pour les quatre années des RA, ce sont au total 31 substances fongicides sur 58, 10 substances insecticides sur 34 et 16 substances herbicides sur 22 qui ont été classées comme ayant au moins un effet cancérogène, mutagène ou reprotoxique.

La Figure 10 synthétise l'ensemble de ces effets sanitaires pour les quatre années des RA retenus : 1979, 1988, 2000 et 2010. Sur celle-ci, le nombre de SA utilisées sur vigne atteint son pic en 2010, avec 73 SA, mais ce chiffre peut difficilement être comparé aux chiffres des autres années. En effet comme il a été précisé précédemment nous n'avons pas pu renseigner au niveau substance celles appartenant à la famille chimique des triazoles (avant 2009), des organophosphorés (avant 1999) et des pyréthriinoïdes de synthèse (avant 1999). En conséquence les SA appartenant à ces familles chimiques qui ont été utilisées uniquement au cours de ces périodes n'ont pu être croisées avec la base CipaTox. Leurs effets sanitaires ne sont pas renseignés dans le présent document de synthèse et elles n'ont pas été comptabilisées dans les résultats qui suivent.

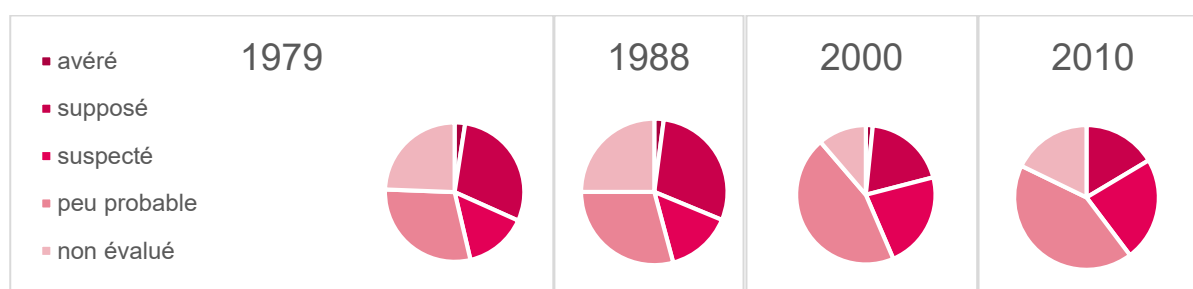
Il est à noter que la proportion des SA ayant au moins un effet cancérogène avéré, supposé ou suspecté, mutagène ou reprotoxique recensé reste relativement stable pour les quatre recensements, variant entre 47 et 54 % environ des SA utilisées sur vigne pour chaque année du recensement.

Figure 10: Proportion de substances actives avec ou sans effets cancérogènes avérés, supposé ou suspecté, mutagène ou reprotoxique, utilisées pour le traitement de la vigne en France hexagonale en 1979, 1988, 2000 et 2010. NB : les années ne peuvent être comparées entre elles



Les effets cancérogènes

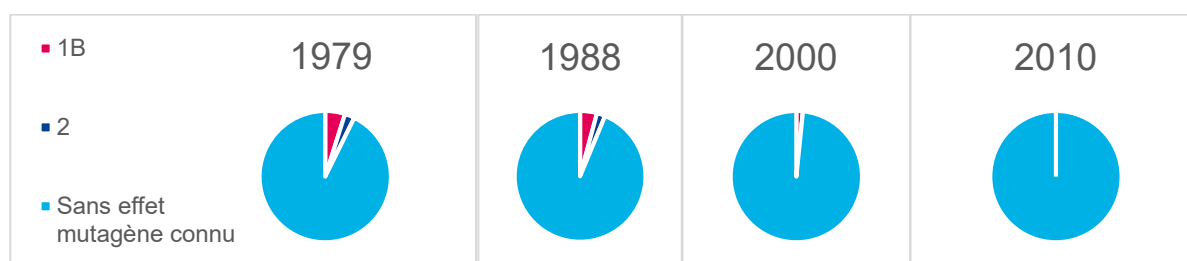
Figure 11: Proportion de substances actives ayant un effet cancérogène avéré, supposé, suspecté, peu probable ou sans effet connu, utilisées pour le traitement de la vigne en France hexagonale en 1979, 1988, 2000 et 2010. NB : les années ne peuvent être comparées entre elles



Jusqu'en 2001, une seule substance fongicide classée cancérogène avérée est autorisée pour le traitement de la vigne, il s'agit de l'arsénite de sodium. L'exposition des viticulteurs à l'arsenic au sein des exploitations professionnelles de la vigne a fait l'objet de plusieurs publications de la MSA (22) et de Santé publique France (23). Le nombre total France entière de personnes exposées (MOF+MOS) aux pesticides arsenicaux a été estimé entre 61 376 (en 2000) et 101 359 (en 1979). En 2010, 29 substances ayant un effet cancérogène supposé ou suspecté sont utilisées sur vigne, il s'agit de 16 substances fongicides, 5 insecticides et 8 herbicides. Comme précisé pour la figure 10, le nombre de SA présentées dans la figure 11 est ici un minimum du fait de l'absence d'évaluation au niveau SA de certaines familles chimiques à certaines périodes. Les années ne peuvent donc pas être comparées entre elles.

Les effets mutagènes

Figure 12: Proportion de substances actives classées mutagènes 1B, 2 ou sans effet mutagène connu par l'UE, utilisées pour le traitement de la vigne en France hexagonale en 1979, 1988, 2000 et 2010. NB : les années ne peuvent être comparées entre elles



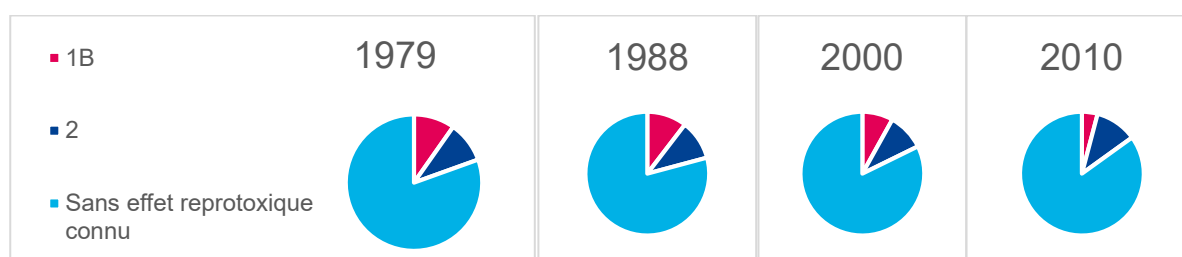
Deux substances fongicides classées mutagènes 1B sont autorisées sur la vigne : le bénomyl jusqu'en 2003 et la carbendazime jusqu'en 2007. L'utilisation du bénomyl a été recensée sur les périodes 1980-1989 et 1990-1999 au sein de la matrice viticulture. La carbendazime est également présente sur la période 2000-2009. Leurs utilisations au sein des différents vignobles étaient cependant limitées, entre 5 et 10 % en fonction des périodes.

Une substance fongicide classée mutagène 2 a été utilisée sur la vigne et est actuellement toujours homologuée mais recensée uniquement sur les périodes 1980-1989 et 1990-1999 dans la matrice. Il s'agit du thiophanate-méthyl. Son usage est également limité, autour de 5 % pour les différents vignobles et pour les différentes périodes.

Comme précisé pour la figure 10, le nombre de SA présentées dans la figure 12 est ici un minimum du fait de l'absence d'évaluation au niveau SA de certaines familles chimiques à certaines périodes de la matrice. Les années ne peuvent donc pas être comparées entre elles.

Les effets reprotoxiques

Figure 13: Proportion de substances actives classées reprotoxiques 1B, 2 ou sans effet reprotoxique connu par l'UE, utilisées pour le traitement de la vigne en France hexagonale en 1979, 1988, 2000 et 2010. NB : les années ne peuvent être comparées entre elles



En fonction des années du RA, entre 3 et 5 substances reprotoxiques 1B ont été utilisées sur la vigne. Il s'agit de 5 substances fongicides : le bénomyl, la carbendazime, le dinocap, le triadimérol, la vinchlozoline et 2 substances herbicides : le glufosinate d'ammonium et la flumioxazine. Seule cette dernière est toujours autorisée en 2023 pour le désherbage de la vigne et sa probabilité d'utilisation a été estimée entre 5 % (Vallée du Rhône/PACA/Corse) et 35 % (Beaujolais) dans la MCE en 2016.

Les 10 SA classées reprotoxiques 2 utilisées sur la vigne sont également en majorité des fongicides dont 3 de la famille chimique des triazoles (*) : le cymoxanil, le fénarimol, le fluazinam, le mancozèbe, le manèbe, le myclobutanil*, le penconazole* et le tébuconazole* ainsi que 2 substances herbicides : l'aminotriazole et le cycloxydime.

En 2023, 4 de ces substances sont encore autorisées sur la vigne (le cymoxanil, le penconazole, le tébuconazole et le cycloxydime). Le mancozèbe et le myclobutanil ont été interdits en 2021. Le cymoxanil reste la substance la plus utilisée parmi ces substances avec une probabilité variant entre 40 % (Vallée du Rhône/PACA/Corse et Charentes) et 90 % (Champagne) dans la MCE en 2016.

Comme précisé pour la figure 10, le nombre de SA présentées dans la figure 13 est ici un minimum du fait de l'absence d'évaluation au niveau SA de certaines familles chimiques à certaines périodes de la matrice. Les années ne peuvent donc pas être comparées entre elles.

3.3.2 Effectifs des travailleurs de la vigne exposés aux effets cancérigènes supposés ou suspectés, mutagènes ou reprotoxiques en 2010

Pour le RA de 2010, aucune SA utilisée sur vigne, tous groupes de PPP confondus, ne présentait d'effet mutagène. A contrario, 35 SA ayant au moins un effet cancérigène supposé ou suspecté ou reprotoxique de niveau 1B ou 2, étaient utilisées sur la vigne dont 5 présentaient 2 effets (tableau 6), parmi lesquelles :

- 2 SA cancérigènes supposés et reprotoxiques 2 (mancozèbe et aminotriazole) interdites respectivement en 2021 et 2016.
- 3 SA cancérigènes suspectés et reprotoxiques 1B, 2 et 2 (triadimérol, tébuconazole et fluazinam). Le tébuconazole est toujours homologué en 2023, le triadimérol et le fluazinam ont été interdits respectivement en 2020 et 2016.

Le nombre de travailleurs exposés parmi la MOF et MOS a également été estimé sur la France entière en 2010. Tous groupes de PPP confondus, c'est le folpel, cancérigène supposé (classement B2 selon l'US-EPA) auquel le plus grand nombre de travailleurs sont exposés, avec une estimation égale à 117 656 personnes. Pour les herbicides, il s'agit du glyphosate, classé cancérigène

supposé également (classement 2A selon le Circ), avec 117 011 individus estimés et pour les insecticides, de l'alphaméthrine, cancérogène suspecté, avec 19 088 individus estimés. En 2023 le glyphosate et le folpel sont toujours homologués sur la vigne, l'alphaméthrine a été interdite en 2021.

Tableau 6: Effectifs de la main-d'œuvre permanente exposée (MOF + MOS) travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles aux substances actives classées cancérogènes supposés, suspectés, reprotoxiques 1B ou 2 pour le recensement agricole 2010

SA	Groupe	Cancérogène supposé	Cancérogène suspecté	Reprotoxique 1B ou 2	Nombre d'exposés MOF+MOS
Folpel	Fongicides	x			117 656
Glyphosate	Herbicides	x			117 011
Mancozèbe	Fongicides	x		x	100 471
Cymoxanil	Fongicides			x	95 631
Métirame-zinc	Fongicides	x			87 854
Tébuconazole	Fongicides		x	x	76 323
Métrafénone	Fongicides		x		48 364
Krésoxim méthyl	Fongicides	x			48 358
Difénoconazole	Fongicides		x		41 413
Glufosinate d'ammonium	Herbicides			x	37 483
Aminotriazole	Herbicides	x		x	35 556
Myclobutanil	Fongicides			x	33 165
Boscalid	Fongicides		x		29 360
Flumioxazine	Herbicides			x	26 218
Triadiménol	Fongicides		x	x	22 075
Alphaméthrine	Insecticides		x		19 088
Proquinazide	Fongicides		x		16 220
Iprovalicarbe	Fongicides	x			13 104
Cyperméthrine	Insecticides		x		12 644
Oryzalin	Herbicides		x		10 199
Fluazinam	Fongicides		x	x	9 842
Pyraflufen-éthyl	Herbicides	x			8 794
Oxyfluorène	Herbicides	x			8 289
Propyzamide	Herbicides		x		7 757
Fénoxycarbe	Insecticides	x			7 443
Fenbuconazole	Fongicides		x		7 246
Penconazole	Fongicides			x	6 618
Benthiavalicarbe isopropyl	Fongicides	x			5 603
Dithianon	Fongicides		x		4 887
Aclonifen	Herbicides		x		3 240
Cycloxydime	Herbicides			x	2 776
Mepanipirim	Fongicides	x			2 680
Isoxaben	Herbicides		x		2 680
Bifenthrine	Insecticides		x		1 071
Tébufenpyrad	Insecticides		x		1 071

Dans cette étude, le nombre de femmes en âge de procréer a été approché par les femmes appartenant à la MOF et à la MOS ayant moins de 45 ans dans le RA 2010. En 2010, le mancozèbe

est la SA classée comme reprotoxique 2 à laquelle le plus grand nombre de femmes en âge de procréer ont été exposées, soit 11 458 femmes (tableau 7). Cette substance a été retirée du marché en 2021.

Tableau 7: Effectifs de femmes appartenant à la main-d'œuvre permanente (MOF + MOS) travaillant au sein des exploitations professionnelles viticoles exposées aux substances actives classées reprotoxiques 1B ou 2 pour le recensement agricole 2010

SA	Groupe	Nombre femmes MOF+MOS <=45 ans
Mancozèbe	Fongicides	11 458
Cymoxanil	Fongicides	11 105
Tébuconazole	Fongicides	8 505
Glufosinate d'ammonium	Herbicides	4 552
Aminotriazole	Herbicides	4 307
Myclobutanil	Fongicides	3 833
Flumioxazine	Herbicides	3 018
Triadiménol	Fongicides	2 519
Fluazinam	Fongicides	1 302
Penconazole	Fongicides	606
Cycloxydime	Herbicides	300

4 SYNTHÈSE DES EXPOSITIONS ET DES RISQUES SANITAIRES ASSOCIÉS

4.1 Facteurs individuels d'exposition aux produits phytopharmaceutiques en viticulture

Les travailleurs viticoles peuvent être exposés aux PPP au cours de différentes tâches professionnelles, qu'il s'agisse de la préparation des bouillies, de l'épandage, du nettoyage du matériel, ou bien encore lors des ré-entrées dans les champs traités. La pénétration dans l'organisme peut se réaliser selon trois voies d'exposition : cutanée, considérée comme la principale voie d'exposition en milieu professionnel agricole ; respiratoire, voie d'exposition importante en milieu confiné ; et digestive (par contact de la bouche avec les mains contaminées, cette voie d'exposition restant due au non-respect des conditions d'hygiène (15), (16)). L'exposition des agriculteurs aux PPP dépend de nombreux facteurs, tels que les facteurs techniques (matériel de pulvérisation, cabines filtrées ventilées, type de produits utilisés, etc.), les facteurs agronomiques (conditions pédoclimatiques, type de culture, pression parasitaire, etc.) et les facteurs humains (port de l'EPI, incidents, etc.), ces différents facteurs évoluant par ailleurs au cours du temps. En viticulture où l'emploi de PPP est important durant le printemps et l'été, une journée de traitement peut représenter jusqu'à 11 heures de travail consécutives, allant de la préparation de la bouillie au nettoyage du matériel qui suit les 7 à 9 heures d'application pour un exploitant-préparateur-applicateur (24). On estime à une trentaine de journées de travail par an la réalisation des traitements (préparation et application de la bouillie), condensées entre les mois de mars et août. Par ailleurs, le port d'EPI est particulièrement contraignant au cours de ces périodes où les températures peuvent être élevées, et de ce fait, pas toujours respecté (25). Il est également admis que l'augmentation de la température corporelle a pour conséquence une augmentation du débit sanguin périphérique et de la sudation qui eux-mêmes accroissent l'absorption par la peau, et en conséquence l'exposition cutanée du travailleur viticole (26).

4.2 Principaux résultats sur l'exposition des viticulteurs professionnels en 1979, 1988, 2000 et 2010

Nous avons étudié les caractéristiques de la population agricole travaillant dans les exploitations professionnelles viticoles au cours des RA de 1979 à 2010. Ceux-ci ne fournissent des données suffisantes que pour la main-d'œuvre permanente à savoir la MOF et la MOS. Les autres catégories de main-d'œuvre, à savoir la main-d'œuvre occasionnelle ou celle des entreprises de travaux agricoles (ETA) / Coopérative d'utilisation de matériel agricole (Cuma), ne sont pas précisément comptabilisées et ne font donc pas l'objet de notre étude. Les effectifs de la main-d'œuvre permanente (MOF + MOS) ont diminué de plus de 66 % entre 1979 et 2010, passant de 492 050 à 162 608 individus. Cette main-d'œuvre est principalement constituée d'individus de sexe masculin, à plus du deux tiers. Parallèlement, nous avons étudié les pratiques phytopharmaceutiques en viticulture en prenant en compte deux indicateurs de la MCE vigne (la probabilité et la fréquence d'utilisation des PPP) pour les trois groupes de traitements (fongicides, insecticides et herbicides) et les principales familles chimiques. Si les traitements fongicides et, dans une moindre mesure, les traitements herbicides (probabilité d'utilisation comprise entre 81 % et 89 % en fonction des années du recensement), sont généralisés dans les exploitations professionnelles viticoles sur l'ensemble des périodes étudiées, les traitements insecticides ont diminué entre 1979 et 2010 passant de 89 % à 68 %, majoritairement du fait de l'utilisation moins importante des acaricides.

Enfin, nous avons étudié trois effets sur la santé de l'ensemble des SA ou familles chimiques utilisées sur vigne : la cancérogénicité, la mutagénicité-génotoxicité et la reprotoxicité. Au niveau

France entière, nous présentons dans le tableau 8 le nombre de SA ayant ces effets sur la santé pour les 4 années de RA faisant l'objet de notre étude, les prévalences d'exposition minimales et maximales pour ces substances et les effectifs de travailleurs exposés correspondants. Il est également important de noter que les résultats présentés dans ce tableau sont à lire année par année, sans comparer les années des RA entre elles, comme précisé dans la partie 3.3.

Tableau 8: Nombre de substances actives, prévalences d'exposition minimum et maximum présentes dans la MCE viticulture et nombre de travailleurs (main-d'œuvre permanente) exposés selon l'effet sanitaire et l'année dans les exploitations professionnelles viticoles en 1979, 1988, 2000 et 2010

Note de lecture : En 1979, 19 SA présentes dans la MCE viticulture étaient considérées comme cancérogènes avérés, supposés ou suspectés. Parmi ces 19 SA la prévalence minimum d'exposition renseignée dans la matrice était de 1 % correspondant à 4 921 personnes potentiellement exposées parmi la main-d'œuvre permanente (MOF + MOS). La prévalence maximum d'exposition renseignée dans la matrice parmi les 19 SA était quant à elle de 83 % correspondant à 408 402 personnes potentiellement exposées parmi la main-d'œuvre permanente.

Années du recensement		1979	1988	2000	2010
Effet cancérogène avéré, supposé ou suspecté	Nombre de SA	19	22	27	29
	Prévalence d'exposition pour la SA la moins utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	1 % (4 921)	1% (3 462)	<1% (<2 397)	1% (1 626)
	Prévalence d'exposition pour la SA la plus utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	83 % (408 402)	83 % (287 373)	80 % (191 736)	72 % (117 078)
Effet mutagène 1B ou 2	Nombre de SA	3	3	1	0
	Prévalence d'exposition pour la SA la moins utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	1 % (4 921)	1 % (3 462)	<1% (<2 397)	0
	Prévalence d'exposition pour la SA la plus utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	1 % (4 921)	2 % (6 925)	<1% (<2 397)	0
Effet reprotoxique 1B ou 2	Nombre de SA	8	10	11	11
	Prévalence d'exposition pour la SA la moins utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	1 % (4 921)	1% (3 462)	<1% (2 397)	2% (3 252)
	Prévalence d'exposition pour la SA la plus utilisée (Nb de personnes potentiellement exposées)	69 % (339 515)	70 % (242 363)	62 % (148 595)	62 % (100 817)

5 DISCUSSION

Les forces de notre étude résident dans l'exhaustivité des bases de données construites ou utilisées. La MCE recense l'ensemble des PPP utilisés sur la vigne depuis 1980 et palie ainsi l'impossibilité de réaliser des mesures de biométrie pour des périodes aussi anciennes. Le caractère rétrospectif et la possibilité de répartir par famille chimique ou par zone géographique fait de la MCE un puissant outil qui permet notamment d'élaborer des indicateurs d'exposition utiles dans les études épidémiologiques.

Notre étude n'a pas la prétention de répondre aux nombreux questionnements s'agissant de l'exposition aux PPP des travailleurs de la vigne et de leurs effets sanitaires. Elle présente en cela plusieurs limites.

Les différentes bases de données utilisées ainsi que les méthodes appliquées pour obtenir nos résultats sont sujettes à plusieurs niveaux d'incertitudes qu'il convient de rappeler.

Les matrices cultures-expositions (MCE) et la quantification des prévalences d'exposition

- Ces grandes bases de données permettent d'évaluer les expositions aux PPP selon les cultures agricoles (i.e. la vigne) en fournissant des indicateurs dont la probabilité. Celle-ci est une valeur moyenne, qui reflète des pratiques parfois hétérogènes au sein des exploitations agricoles, mais également au sein de vignobles qui ont été regroupés car présentant des pratiques proches mais non complètement identiques. Estimé à partir de données disparates (documentation agricole, statistiques locales, avis de spécialistes, etc.), il n'est pas possible de connaître la dispersion de cet indicateur via le calcul d'un écart type. Nos résultats ne sont pas (et ne peuvent pas être) présentés avec des intervalles de confiance.
- Les MCE décrivent les usages des PPP sur les cultures à l'échelle des exploitations agricoles et non des travailleurs. Elles sont un proxy de l'exposition sans mesure biologique sur le terrain. Il n'est donc pas possible d'assigner une exposition particulière à un travailleur donné, ni de distinguer l'exposition des travailleurs entre eux selon leur poste de travail ou les tâches qui leur sont assignées : préparateurs de bouillies, applicateurs, travailleurs à proximité des épandages, travailleurs en contact avec les cultures traitées, etc. À noter qu'au-delà des tâches, le matériel lui-même participe souvent à l'exposition aux PPP. En outre, pour une même tâche, les niveaux d'exposition peuvent varier très fortement d'un individu à l'autre et le port des EPI adaptés est rarement parfaitement respecté dans les conditions climatiques des périodes de traitements (printemps et été). Le défaut d'information disponible, au niveau des tâches réalisées ou des individus, nous a contraints à décrire la prévalence d'exposition à un PPP donné en population par la fréquence de son usage au niveau des exploitations. Les prévalences d'exposition ainsi quantifiées doivent donc être considérées comme des indicateurs d'exposition potentielle. De plus, ce choix revient à supposer que tous les travailleurs agricoles d'une exploitation sont exposés. Cette hypothèse haute, qui ne peut pas être vérifiée en l'état actuel des connaissances, est cependant plausible. En effet, les études de mesure d'exposition menées dans différents milieux agricoles montrent que les individus exposés ne sont probablement pas uniquement ceux qui appliquent les traitements : il peut s'agir des individus manipulant les préparations commerciales (stockage), préparant les bouillies (remplissage des pulvérisateurs avec les préparations commerciales et les adjuvants), appliquant les traitements (avec du matériel qui peut être très varié), se déplaçant dans les parcelles déjà traitées (phénomène de « ré-entrée ») ou bien encore manipulant les récoltes et réalisant des traitements sur vigne mère porte-greffe (15), (16).
- La MCE viticulture ne prend pas en compte les traitements de sol, les traitements sur vignes mères de porte-greffes et de greffons et en pépinières viticoles. Le lindane qui a pu être

utilisé en traitement de sol lors d'une nouvelle plantation de parcelle de vignes n'est par exemple pas évalué au sein de la MCE viticulture.

Le recensement agricole (RA)

- Les activités partielles sont susceptibles d'engendrer des doublons dans le comptage des effectifs de la main-d'œuvre familiale (MOF) et de la main-d'œuvre salariée permanente non familiale (MOS). En effet, un même individu peut être compté deux fois dans la MOS ou la MOF, ou bien à la fois dans la MOF et la MOS. Par exemple, un individu peut être recensé en tant que MOF à mi-temps dans une exploitation, et avoir une activité en tant que MOS à mi-temps dans une autre exploitation. De même, il peut être considéré comme MOF dans deux exploitations différentes (chef d'exploitation dans l'une et fils du chef d'exploitation dans l'autre). Toutefois, il n'est pas possible, selon les données disponibles, d'avoir des précisions permettant de comptabiliser sans risque de doublon les effectifs de la MOS et de la MOF. Le nombre d'employeurs par salarié de la MOS disponible au sein du RA à partir de 1988 nous a permis d'approcher le risque de doublons au sein exclusivement de la MOS, cet employeur peut être une exploitation professionnelle viticole mais pas obligatoirement. Deux hypothèses extrêmes ont pour cela été posées et ont été décrites en partie 3.1.3. Les écarts potentiels entre les deux hypothèses sont cependant faibles (5 à 6 % au maximum).
- Le RA décrit la population travaillant dans les exploitations agricoles. Cependant, la population des saisonniers agricoles, des travailleurs des ETA et des Cuma est mal décrite et n'a pas pu être étudiée. L'absence de ces deux sous-populations dans notre étude engendre une sous-estimation des prévalences d'exposition. Toutefois, notre population peut être jugée comme légèrement surestimée par la présence de doublons dans la main-d'œuvre permanente (notamment chez les salariés à temps partiel).
- Le RA permet de disposer de données tous les dix ans environ, le suivi longitudinal de la population n'est donc pas réalisable. Les analyses effectuées dans notre étude sont donc limitées à chacune des années du RA. Seules des cohortes permettent ce type d'analyses longitudinales. C'est le cas d'une cohorte de travailleurs agricoles, mise en place par Santé publique France : la cohorte Coset-MSA (27), (28). Elle concerne un échantillon de la population française agricole, y compris celle située dans les DROM. Les données spécifiques aux travailleurs viticoles de cette cohorte pourront être croisées avec la MCE viticulture.
- La MCE viticulture débute en 1980. Le RA de 1979 a cependant été utilisé pour les croisements avec la matrice car nous estimons qu'il y a eu peu de changements dans la population professionnelle agricole entre 1979 et 1980, ainsi que dans l'usage des SA sur la vigne.

La base des effets toxiques des substances actives pour la santé humaine (CipaTox)

- Elle ne constitue pas une classification réglementaire, mais une organisation des données disponibles sur la toxicité pour l'homme des SA issues des PPP, dans le cadre d'une exposition chronique (de plusieurs années). Elle permet en cela d'approcher plus précisément les dangers associés aux substances utilisées, ou qui ont été utilisées.

Au total, cette évaluation de l'exposition professionnelle aux PPP, fondée sur les données disponibles les plus récentes, montre des résultats inédits. Sa principale conclusion est qu'une part importante des travailleurs viticoles (72 %) était en contact, en 2010, avec des substances chimiques ayant des effets toxiques cancérigènes, ou reprotoxiques.

Les résultats de cette étude sont utiles pour guider l'action publique et faire prendre conscience aux décideurs, comme aux préventeurs, de l'utilité d'engager de vastes actions de communication pour induire une prévention ciblée.

En terme de santé au travail, il convient dans un premier temps de limiter l'usage de tous les PPP ; puis dans l'éventualité de leur utilisation, il faut privilégier les SA identifiées comme étant les moins

dangereuses en l'état actuel des connaissances ; enfin, des mesures de protection collective doivent être mises en place, et en dernier lieu des mesures de protection individuelle adaptées doivent être proposées.

Pour limiter l'exposition aux PPP des travailleurs agricoles, la marge de progrès la plus importante reste l'évolution du matériel agricole, que ce soit lors de l'étape de préparation de la bouillie ou lors de l'application du produit à la parcelle.

Des campagnes d'information des travailleurs agricoles sont indispensables pour une meilleure perception des risques sanitaires liés à l'usage de PPP, notamment pour faire comprendre l'intérêt de limiter globalement les traitements et avoir un matériel adéquat bien entretenu. Les formations « Certiphyto » peuvent être un cadre adéquat pour attirer l'attention des travailleurs agricoles sur les risques induits par leurs pratiques de travail. Nos travaux peuvent aider à identifier les cibles prioritaires de cette sensibilisation (travailleurs à plus fort risque d'exposition, femmes en âge de procréer, etc.) et compléter le contenu des formations, notamment dans le cadre de celles des formateurs menées par l'INMA, l'Institut national de médecine agricole. Il faudrait fortement insister sur la sensibilisation et la formation des préparateurs, épandeurs et de tout individu travaillant dans des exploitations agricoles, aux managements en toute sécurité du matériel utilisé. La difficulté de porter des EPI en saison chaude rend nécessaire de promouvoir l'innovation dans ce domaine, de convaincre les travailleurs de suivre les préconisations du port d'EPI en adéquation avec leurs conditions de travail, mais également plus largement de s'interroger quant aux normes qui encadrent les performances techniques obligatoires des EPI spécifiquement adaptés à la manipulation des PPP. En effet une récente étude de l'INRS met en exergue la faiblesse du niveau de protection exigé par les normes ISO 18889 et NF EN ISO 27065 (29).

Par ailleurs, il est utile de rappeler que notre étude permet d'orienter une prévention secondaire, et d'organiser un suivi personnalisé des travailleurs par les services de santé au travail ou un suivi post-professionnel pour les anciens travailleurs de la vigne. Une meilleure sensibilisation des médecins généralistes, souvent premiers interlocuteurs du milieu médical, et des médecins du travail sur les risques d'exposition aux PPP peut être utile pour entamer une demande de prise en charge dans le cadre d'une reconnaissance en pathologie professionnelle.

Enfin la MCE vigne a été utilisée dans le cadre de l'étude Pestneuro qui vise à étudier le lien entre exposition aux pesticides et développement de deux maladies neurodégénératives : la maladie de Parkinson et la sclérose latérale amyotrophique. Deux types d'indicateurs (professionnel et environnemental) ont été développés et intégrés dans un système d'information géographique. Les résultats de cette étude font l'objet d'un rapport (30). Également dans le domaine des expositions environnementales, l'étude PestiRiv actuellement en cours s'appuie entre autres sur l'expertise de la MCE viticulture et du projet Matphyto pour aider à renseigner les SA utilisées sur les parcelles de l'étude. À terme PestiRiv permettra d'apporter des éléments de réponse quant à l'exposition aux pesticides des riverains des parcelles viticoles. Les premiers résultats sont prévus pour 2024 (31).

6 CONCLUSION

Notre étude a permis d'estimer pour la première fois les expositions des travailleurs viticoles aux principaux PPP qu'ils utilisent sur la vigne. Ainsi, nous avons pu estimer des prévalences d'exposition professionnelle et des effectifs de travailleurs agricoles exposés ; nous avons également associé certains des principaux effets potentiels sur la santé aux produits phytopharmaceutiques utilisés dans les exploitations viticoles professionnelles.

En 1979, au moins 83 % de l'ensemble des agriculteurs travaillant au sein d'une exploitation professionnelle viticole ont été exposés à au moins un PPP considéré au sens de notre étude comme potentiellement cancérigène, mutagène ou reprotoxique. Cette proportion est identique en 1988, de 80 % en 2000 et de 72 % en 2010. Pour ces quatre années, le folpel était la SA responsable du plus grand nombre d'exposés. En termes d'effectifs de main-d'œuvre permanente exposée (MOF+MOS) au folpel, celle-ci était estimée à 408 402 personnes en 1979, 287 373 en 1988, 191 736 en 2000 et 117 656 en 2010. Les effectifs sont en baisse du fait d'une baisse généralisée des effectifs de la MOF et de la MOS dans les exploitations professionnelles de la vigne entre 1979 et 2010, ainsi que de la baisse de la probabilité d'utilisation du folpel.

Le recensement agricole implique l'ensemble des exploitations viticoles professionnelles. Il est exhaustif sur la population française agricole et donne la possibilité d'identifier et de dénombrer les catégories d'emploi, le genre, la surface agricole etc. grâce à une série de variables.

Issue d'un travail innovant et collaboratif, la MCE vigne a été réalisée avec l'objectif de renseigner par année, de 1980 à 2016, l'ensemble des PPP appliqués sur cette culture. Des indicateurs d'exposition (probabilité, fréquence) ont été construits pour 9 zones viticoles, par groupe de traitement (herbicides, insecticides, fongicides), par famille chimique et par SA.

Parallèlement, nous avons construit en collaboration avec l'université Lyon 1, CipaTox, une base de données listant certains effets sanitaires qui peuvent se produire avec une latence longue, et suite à une exposition prolongée et répétée aux PPP. Elle a permis notamment de répertorier selon une méthode précise et homogène les PPP susceptibles d'être cancérigènes avérés, supposés ou suspectés, mutagènes ou reprotoxiques.

Le croisement de ces bases de données avec le RA permet d'avoir une description démographique de la population des travailleurs viticoles exposés aux PPP appliqués sur vigne. Nous avons ainsi pu calculer des prévalences d'exposition professionnelle à des dates précises, dénombrer les effectifs de travailleurs concernés par cette exposition et décrire certaines de leurs caractéristiques en différenciant neuf zones viticoles sur tout le territoire métropolitain. Il s'agit d'une compilation et d'un recoupement de plusieurs sources de données pour identifier les effets sanitaires qui peuvent être associés à l'utilisation de PPP. Dans son intégralité, elle prend en compte, en plus des effets cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques, huit autres types d'effets toxiques : perturbation endocrinienne, hématologiques, néphrologiques, etc.

Par ailleurs, nos travaux sont dédiés exclusivement à la population des travailleurs viticoles et ont permis une description fine et historique, aussi bien de cette population que de leurs expositions potentielles aux PPP.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Collectif. Le Grand Larousse du Vin. s.l. : Larousse, 2010.
2. Études et économie de la filière - chiffres clés. InterVin. [En ligne] 2019. <https://www.intervin.fr/etudes-et-economie-de-la-filiere/chiffres-cles>
3. Infographie - La viticulture française. Ministère de l'Agriculture et de la souveraineté alimentaire. [En ligne] 2022. <https://agriculture.gouv.fr/infographie-la-viticulture-francaise>
4. Dubos, Bernadette. Maladies cryptogamiques de la vigne. s.l. : Féret, 2002.
5. Agreste. Pratiques phytosanitaires en viticulture. Campagne 2016. s.l. : Agreste, 2020.
6. D. Esmenjaud, S. Kreiter, M. Martinez, R. Sforza, D. Thiéry, M. Van Helden, M. Yvon. Ravageurs de la vigne. s.l. : Féret, 2008.
7. La maladie et son vecteur - La flavescence Dorée en France. Stop Flavescence Dorée - Bourgogne. [En ligne] 2018.
8. Agreste. De la place pour l'herbe dans les vignes. Agreste primeur. 2009, 221.
9. Jezewski-Serra D, Chaperon L, Spinosi J. Utilisation des recensements agricoles métropolitains pour le croisement avec les matrices cultures expositions Matphyto : quelles données populationnelles disponibles ? Saint Maurice (France) : Santé publique France, 2018.
10. Chaperon L, Jezewski-Serra D, Spinosi J. Utilisation des recensements agricoles métropolitains pour le croisement avec les matrices cultures expositions Matphyto : comment identifier les exploitations agricoles cultivant professionnellement de la vigne ? Saint Maurice (France) : Santé publique France, 2018.
11. J. Spinosi, L. Chaperon, L. Perrin, M. Lunghi, C. Fillol. Matphyto, des matrices cultures-expositions aux produits phytopharmaceutiques. 2022.
12. Agreste - Pratiques culturelles dans la viticulture. Data gouv. [En ligne] 2019. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/agreste-pratiques-culturelles-dans-la-viticulture/>
13. Chaperon L, Perrier L, Spinosi J, El Yamani M. Éléments techniques sur la compilation des index phytosanitaires Acta. Saint Maurice (France) : Santé publique France, 2016.
14. Batti A, El Yamani M, Spinosi J. Construction d'indicateurs d'exposition aux pesticides à partir de classements réglementaires et de données de toxicité des substances homologuées. Grenoble : Master professionnel , spécialité MRESTE : Méthodes de Recherche en Environnement-Santé-Toxicologie-Écotoxicologie) de l'Université de Grenoble Alpes, 2016.
15. Inserm. Pesticides, effets sur la santé. Expertise collective. Paris : Inserm , 2013.
16. Inserm. Pesticides et santé: nouvelles données. Paris : Inserm, 2021.
17. GraphAgri. Structures et moyens de production agricoles. s.l. : Agreste, 2011.
18. Centre d'études et de prospective. Les femmes dans le monde agricole. s.l. : Agreste, 2012. n°38.
19. 7 chiffres à retenir sur la viticulture bio en 2020. Réussir Vigne. [En ligne] 2021. <https://www.reussir.fr/vigne/6-chiffres-retenir-sur-la-viticulture-bio-en-2020>
20. Institut technique de la vigne et du vin. Désherbage de la vigne - Guide pratique. 1984.

21. Agreste. Moins de désherbants dans les vignes. Agreste Primeur. 2012, 288.
22. Grillet J, Adjémian A, Bernadac G, Bernon J, Brunner F, Durand G et al. Exposition à l'arsenic en viticulture: apport de la biométrie. Document pour le médecin du travail. 2004, 100.
23. Chaperon L., Spinosi S., Jezewski-Serra D., El Yamani M. Estimation de l'exposition des viticulteurs aux pesticides arsenicaux entre 1979 et 2001. Saint Maurice (France) : Santé publique France, 2018.
24. Traitements phytosanitaires en viticulture française et prévention du risque pesticides. Retour d'expérience d'une communauté élargie de recherche ayant mobilisé l'ergotoxicologie. Fabienne Goutille, Alain Garrigou. numéro 3, s.l. : Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Décembre 2021, Vol. Volume 21 .
25. Abellan, Alexandre. "Il faut adapter les EPI au travail de la vigne". Vitisphère. [En ligne] 2017. <https://www.vitisphere.com/actualite-85809--il-faut-adapter-les-epi-au-travail-de-la-vigne-.html>
26. Dermal exposure associated with occupational end use of pesticides and the role of protective measures. Macfarlane E, Carey R, Keegel T, El-Zaemay S, Fritschi L. s.l. : Saf HealthWork, Septembre 2013.
27. Santé publique France. Cohortes pour la surveillance épidémiologique en lien avec le travail . Coset. [En ligne] <http://www.coset.fr/>
28. Bénézet L, Geoffroy-Perez B, Spinosi J, El Yamani M. Évaluation de la faisabilité d'utiliser des matrices cultures-expositions pour estimer les expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une cohorte de travailleurs agricoles. Saint-Maurice (France) : Santé publique France, 2016.
29. INRS. Gants et vêtements de protection contre les produits phytopharmaceutiques: réorienter la normalisation. Hygiène & sécurité du travail. 2022, 269.
30. Perrin L, Moisan F, Spinosi J, Chaperon L, Jezewski-Serra D, Elbaz A. Définition d'indicateurs géographiques d'exposition liées à l'utilisation des pesticides à partir des matrices culture-exposition Matphyto et du recensement agricole. Projet Pestneuro. Saint Maurice (France) : Santé publique France, 2023.
31. PestiRiv : une étude pour mieux connaître l'exposition aux pesticides des personnes vivant en zones viticoles et non-viticoles. Santé publique France. [En ligne] 2022. <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/pestriv-une-etude-pour-mieux-connaître-l-exposition-aux-pesticides-des-personnes-vivant-en-zones-viticoles-et-non-viticoles>

8 ANNEXE. Principales familles chimiques et substances actives fongicides, insecticides et herbicides présentes au sein de la matrice viticulture et leurs indicateurs d'utilisation

La liste ci-dessous des familles chimiques n'est pas exhaustive de celles renseignées au sein de la MCE viticulture.

Fongicides

Les acétamides

Il s'agit de la famille chimique d'une substance active très utilisée en vigne sur les 4 périodes de la matrice et dans l'ensemble des vignobles : le cymoxanil. Anti-mildiou à action pénétrante, il n'est jamais commercialisé seul mais en association avec le folpel, le mancozèbe, le métirame-zinc, le cuivre, le fosétyl-al etc. À noter qu'en règle générale une spécialité commerciale fongicide sur vigne présente 2 à 3 substances en mélange. Sa persistance d'action étant de 10-12 jours en moyenne, il est nécessaire de renouveler les traitements. La probabilité d'utilisation de cette substance a donc été estimée entre 40 % et 90 % en fonction des vignobles. Le vignoble Vallée du Rhône/PACA/Corse est celui où le moins de viticulteurs ont eu recours à cette substance, à l'inverse du vignoble Champenois. Sa fréquence d'utilisation varie elle aussi fortement entre vignobles, puisqu'elle a été estimée à 1,5 passages en moyenne en Charentes sur la période 2010-2016 et à 5 passages en Champagne en moyenne sur la période 1980-1989.

Les acylpicolides

Il s'agit de la famille du fluopicolide, fongicide anti-mildiou systémique homologué à partir de 2012 et commercialisé en association avec le fosétyl-al. Il possède une très bonne persistance d'action. Sa fréquence d'application est en moyenne de 1 dans l'ensemble des vignobles sur la période 2010-2016. Son utilisation a été très importante notamment en Champagne, avec une probabilité d'utilisation estimée à environ 55 %. Celle-ci est beaucoup plus basse dans le vignoble du Languedoc/Midi-Pyrénées avec une probabilité d'utilisation de 5 %.

Les amidoxidimes

Il s'agit de la famille du cyflufénamide, fongicide anti-oïdium pénétrant homologué à partir de 2013, efficace contre le black rot et le rougeot parasitaire, commercialisé seul ou en association avec une triazole, le difénoconazole. Préconisée à deux applications au maximum par an, sa fréquence varie peu entre vignobles (de 1 à 1,5 pour le Beaujolais et la Bourgogne), et sa probabilité moyenne d'utilisation est estimée entre 10 et 25 %.

Les amines-amides

Cette famille comprend de nombreuses substances actives : le béalaxyl, le béalaxl-m, le boscalid, le fluazinam, le métalaxyl, le métalaxyl-m, la spiroxamine et le zoxamide dont les homologations se succèdent sur les quatre périodes de la matrice. C'est la période 2010-2016 qui comprend le plus grand nombre de substances actives de la famille des Amines-Amides homologuées. Cette famille regroupe à la fois des substances anti-oïdium à action pénétrante et légèrement systémique comme la spiroxamine (Inhibiteurs de la Biosynthèse des Stéroïdes /IBS) et des fongicides

anti-mildiou systémiques (métalaxyl-m, bénomyl-m). Le fluazinam, quant à lui, est actif contre le mildiou et l'oïdium, le boscalid contre le botrytis et le zoxamide contre le mildiou.

Les Amines-Amides sont une famille chimique très utilisée dans l'ensemble des vignobles avec une probabilité moyenne d'utilisation maximum de 98 % en Champagne pour la période 2010-2016. On notera qu'il existe toutefois une différence notable entre ceux-ci : pour la même période la probabilité moyenne d'utilisation des Amines-Amides est de 51 % pour le vignoble Vallée du Rhône/PACA/Corse. La fréquence moyenne d'utilisation est elle aussi très variable passant d'environ 4 passages en Champagne en 2010-2016 à 1,6 passages en Alsace pour la même période.

Les amino-acide carbamates

Cette famille chimique comprend deux substances actives, l'iprovalicarbe et le benthialcarbe-isopropyl, respectivement mises sur le marché en 2003 et 2008. Anti-mildiou à action pénétrante ces substances sont commercialisées en association avec du mancozèbe, du cuivre ou du folpel.

Les Amino-acide carbamates sont globalement plus utilisés sur la période 2000-2009 (probabilité moyenne d'utilisation maximum de 50 % en Bourgogne et Champagne) que sur la période 2010-2016 (probabilité moyenne d'utilisation de 25 % en Charentes). Ceci s'explique par l'engouement pour cette nouvelle famille chimique lors de sa mise sur le marché, puis par l'apparition de résistances. La fréquence moyenne d'application est homogène entre les vignobles, évoluant sur ces deux périodes entre 1 et 1,5.

Les anilo-pyrimidines

Cette famille chimique comprend trois substances actives : le pyriméthanil mis sur le marché à partir de 1994, le cyprodinil et le mépanipirim homologués respectivement à partir de 1999 et 2006. Le pyriméthanil, utilisable seul, a une probabilité d'utilisation moyenne comprise entre 5 % (Bordelais et Beaujolais) et 15 % (Champagne) au cours de la période 1990-1999 où il est le seul représentant de cette famille chimique. Par la suite, l'arrivée sur le marché du cyprodinil utilisé en association avec le fludioxonil, et du mépanipirim, utilisable seul, permettront le développement de cette famille chimique dont la probabilité moyenne d'utilisation atteindra au maximum 42 % dans le Val de Loire au cours de la période 2000-2009. La fréquence d'application de ces substances actives est toujours de 1 quel que soit le vignoble.

Les arsenicaux

L'arsénite de sodium a été retiré du marché en 2001. Utilisé sur vigne dans le traitement des maladies du bois, sa probabilité d'utilisation moyenne se situe entre 25 % et 35 % en fonction des vignobles avec une fréquence d'application moyenne à 0,7 pour les périodes 1980-1989 et 1990-1999. Pour complément, une matrice dédiée aux pesticides arsenicaux a été réalisée par ailleurs et croisée avec les données populationnelles du recensement agricole (22).

Les azanaphthalènes

Il s'agit de la famille chimique du proquinazid, substance anti-oïdium, disponible sur le marché à partir de 2010. Sa probabilité moyenne d'utilisation est comprise entre 5 % (Val de Loire) et 30 % (Bourgogne) pour la période 2010-2016 et elle a une fréquence moyenne globalement homogène entre 1 et 1,5.

Les benzophénones

Il s'agit de la famille chimique de la métrafénone, anti-oïdium homologué à partir de 2007. Son utilisation est marquée sur la période 2010-2016 avec une probabilité moyenne nationale estimée à 30 %. La Champagne est le vignoble qui possède la probabilité d'utilisation la plus élevée (60 %). Sa fréquence d'application, quant à elle, est assez homogène, entre 1 et 1,5.

Les carboxylic acid amines

Il s'agit de la famille chimique du mandipropamid, anti-mildiou homologué dès 2010, qui est de ce fait présent sur la période 2010-2016 dans la matrice viticulture. Il est utilisé par l'ensemble des vignobles, excepté en Vallée du Rhône/PACA/Corse (probabilité estimée inférieure à 5 %), avec une probabilité d'utilisation moyenne nationale de 20 %. C'est en Champagne et en Alsace qu'il est majoritairement utilisé (35 %) en association avec le mancozèbe, le folpel ou le cuivre. Sa fréquence d'utilisation est également homogène entre les vignobles et varie entre 1 et 1,5.

Les Cyanoimidazoles

Il s'agit de la famille chimique du cyazofamide, anti-mildiou homologué dès 2011 et par conséquent renseigné sur la période 2010-2016 au sein de la matrice viticulture. Il est utilisé par l'ensemble des vignobles et plus particulièrement en champagne avec une probabilité de 75 %. Il est utilisé en mélange avec le disodium-phosphonate, sa fréquence d'utilisation varie entre 1 et 1,5

Les dérivés de l'acide cinnamique

Famille chimique du diméthomorphe, substance anti-mildiou aux usages particulièrement importants en vigne depuis le milieu des années 1990 avec un pic dans sa probabilité d'utilisation sur la période 2000-2010 au sein d'une grande partie des vignobles. Sa probabilité varie entre moins de 5% en Vallée du Rhône/PACA/Corse sur la période 1990-1999 à 80 % en Champagne sur la période 2000-2010.

Le diméthomorphe est utilisé dans de nombreux types de mélanges, en particulier avec le folpel et le mancozèbe, et sa fréquence atteint au maximum 2 passages dans la matrice viticulture (Beaujolais sur la période 2000-2009)

Les dérivés du phénol

Il s'agit de la famille du dinocap et du meptyldinocap utilisés en tant qu'anti-oidium. Le dinocap, retiré du marché en 2009 car toxique pour la faune auxiliaire, a été remplacé par son isomère le meptyldinocap. Leur utilisation est faible mais supérieure à 5% dans l'ensemble des vignobles à l'exception de l'Alsace. En moyenne au niveau national, la probabilité d'utilisation du dinocap est de 30 % de 1980 à 2009 et de 20 % pour le meptyldinocap de 2010 à 2016. Leur fréquence d'utilisation est sensiblement homogène et varie entre 1,5 et 2 passages en fonction des vignobles et des périodes. Ils sont utilisés en association avec de nombreuses substances.

Les dicarboximides

Le folpel utilisé majoritairement en tant qu'anti-mildiou est le représentant majeur de cette famille chimique au sein de laquelle on retrouve également la procymidone et la vinchlozoline jusqu'en 2009, mais dont l'usage est bien moindre. Sur l'ensemble des périodes de la matrice, la probabilité d'utilisation du folpel peut s'élever jusqu'à 90 %. C'est en Vallée du Rhône/PACA/Corse où l'on retrouve sa plus faible probabilité d'utilisation (50 %). Sa fréquence d'utilisation est elle aussi très importante allant jusqu'à 6 passages en Champagne en 1980. Sur la période 2010-2016, sa fréquence d'utilisation a nettement diminué, variant de 2 à 3,5 passages pour le Beaujolais. Il est utilisé en mélange avec de nombreuses substances.

Les dithiocarbamates

Le mancozèbe et le métirame-zinc sont les principaux représentants de cette famille chimique de par leur probabilité d'utilisation. Le manèbe fait également partie de cette famille, mais plus anciennement (période 1980-1989). La probabilité d'utilisation de cette famille chimique est très importante, que ce soit en termes de vignobles ou de périodes, avec un maximum en champagne (97 %), et un minimum en Vallée du Rhône/PACA/Corse (54 %) sur la période 2010-2016. Globalement, le mancozèbe est légèrement plus utilisé que le métirame-zinc, que ce soit en termes

de probabilité ou de fréquences (2,7 passages en moyenne tous vignobles et périodes confondus versus 2,3 passages).

Les phénoxyquinoléines

Elle comprend le quinoxifène, substance anti-mildiou homologuée à partir de 2000. Sa probabilité d'utilisation maximale concerne le vignoble charentais avec une probabilité de 50 % sur la période 2010-2016. Cette substance est utilisée sur l'ensemble des vignobles et sa fréquence d'utilisation varie peu en fonction de ceux-ci : entre 1 et 1,5.

Les phosphonates

Le fosétyl-al, anti-mildiou, est le représentant majeur de cette famille, et l'unique jusqu'à la période 2010-2016 avec l'arrivée sur le marché du disodium-phosphonate utilisé en association avec le cyazofamide, et du phosphonate de potassium utilisé seul. Le fosétyl-al est utilisé en association avec de nombreuses substances actives. Il atteint une probabilité d'utilisation très forte dans le Bordelais et en Champagne sur la période 1990-1999 (90 %). Sur la période 2010-2016, son utilisation est stable pour certains vignobles (P=95% en Champagne) et en diminution pour d'autres (P=50% dans le Bordelais). Sa fréquence d'utilisation diminue globalement dans l'ensemble des vignobles passant de 3 en moyenne au niveau national sur la période 1990-1999 à 2,3 sur la période 2010-2016.

Les produits minéraux

Sont regroupés sous cette mention le cuivre utilisé en anti-mildiou sur vigne et le soufre en tant qu'anti-oïdium. Le cuivre, tel que renseigné dans la matrice, désigne l'ensemble des formes utilisées en pulvérisation : la bouillie bordelaise, l'hydroxyde de cuivre, les oxychlorures de cuivre et l'oxyde cuivreux. Le soufre, quant à lui, regroupe les soufres pour poudrage (trituré ou sublimé) et les soufres pour pulvérisation sous forme micronisée. Leur utilisation est historique et leurs probabilités d'utilisation sont estimées à 100 %. Leur nombre de passages est très variable en fonction des périodes et des vignobles allant de 2 passages pour le soufre à 6 pour le cuivre. Rappelons qu'il s'agit ici d'une moyenne, les passages étant plus nombreux en viticulture biologique.

Les pyrimidylamines

Cette famille chimique est uniquement présente sur la période 2010-2016 avec l'amétoctradine utilisée en association avec le métirame-zinc, elle a une action anti-mildiou. Sa probabilité d'utilisation moyenne au niveau national est de 30 % et sa fréquence varie peu en fonction des vignobles : entre 1 et 1,5. L'ensemble des vignobles est concerné par son usage.

Les strobilurines

Cette famille chimique qui comprend à la fois des substances anti-mildiou et anti-oïdium est particulièrement concernée par les phénomènes de résistance, ce qui limite l'utilisation des substances actives la composant à 1 ou 1,5 passages en fonction des périodes et des vignobles. Toutefois, la probabilité d'utilisation de cette famille chimique est très forte, y compris pour les années récentes avec une probabilité d'utilisation de 55 % sur le vignoble charentais pour le krésoxim-méthyl sur la période 2010-2016. Cette substance est la représentante principale de cette famille chimique.

Les triazoles

Il s'agit d'une famille chimique comprenant de nombreuses substances actives (difénoconazole, flusilazole, hexaconazole, myclobutanil, etc.) dont les phénomènes de résistances sont également nombreux. Du fait de l'importance du nombre de substances actives et de leur caractère interchangeable dans la lutte contre l'oïdium, il n'a pas été possible d'estimer leur utilisation

individuellement. La probabilité d'utilisation et la fréquence ont donc été évaluées au niveau de la famille chimique sauf pour la période 2010-2016 où les enquêtes des pratiques culturales en viticulture réalisées par l'Agreste nous ont permis de descendre au niveau de la substance active. Ainsi, tous les vignobles de 1980 à 2016 sont concernés par l'usage des triazoles, avec une probabilité d'utilisation France entière de près de 60 % moyennée sur les 4 années du recensement. La fréquence d'utilisation de la famille chimique varie de 1,5 à 3 passages. Enfin, pour la période 2010-2016 le tébuconazole est la substance la plus utilisée de la famille des triazoles avec une probabilité moyenne France entière d'environ 45 %.

Insecticides

Les benzoyl-urées

Il s'agit de la famille chimique du flufénoxuron et du lufénuron, tous deux homologués dans la première moitié des années 1990 et retirés du marché en 2011. L'association lufénuron et fénoxy-carbe est courante dans la lutte contre les insectes de la vigne, en particulier contre les tordeuses de la grappe. Cette famille chimique est très utilisée en Alsace et Val de Loire au cours de la période 1990-1999, avec une probabilité supérieure à 55 %. La fréquence de traitements est globalement homogène entre les vignobles, entre 1 et 1,5 passages.

Les carbamates

Plusieurs substances actives de cette famille chimique ont été utilisées sur vigne, la principale étant le fénoxy-carbe (P max= 45% en Charentes, période 1990-1999). Homologué en 1989, il est utilisé en association avec le lufénuron contre les tordeuses de la grappe. Utilisable également seul, sa probabilité d'utilisation reste encore élevée après l'interdiction des benzoyl-urées sur vigne en 2011, notamment en Alsace (P=30%).

La fréquence de traitements pour la famille chimique des carbamates est également homogène entre les vignobles, entre 1 et 1,2 passages.

Les carbinols

Il s'agit de la famille chimique de deux substances acaricides utilisées sur vigne dont la principale est le dicofol. Cette substance active est particulièrement utilisée au cours des périodes 1980-1989 et 1990-1999 contre les acariens. Les effets des acaricides sur la faune auxiliaire expliquent la très forte diminution de ceux-ci à partir des années 1990 dans l'ensemble des vignobles, bien que le dicofol soit homologué jusqu'en 2010. Cette substance était utilisable seule, mais également en association avec de nombreuses autres substances. Sa probabilité d'utilisation est globalement homogène entre les vignobles sur ces deux périodes, entre 25 et 30 %, ainsi que sa fréquence de traitements estimée entre 1,2 et 1,7 passages.

Les dérivés stanniques

Famille chimique de deux substances acaricides dont les probabilités d'utilisation sur vigne sont proches sur l'ensemble des vignobles pour les périodes 1980-1989 et 1990-1999. Le cyhéxatin est légèrement plus utilisé que l'azocyclotin avec une probabilité comprise entre 20 % et 25 % et une fréquence variant de 1,2 à 2. Ces produits ont été interdits en 2006 (azocyclotin) et 2009 (cyhéxatin), leur utilisation comme pour l'ensemble des acaricides ayant déjà fortement diminué au début des années 2000.

Les organophosphorés

Les organophosphorés sont une famille chimique très importante dans les traitements insecticides sur vigne. Ils sont présents pour les quatre périodes de la matrice, mais le détail en substances

actives n'a été possible qu'à partir des années 2000 compte tenu du grand nombre de substances, et grâce à l'aide des enquêtes pratiques culturales viticulture réalisées par l'Agreste.

Le chlorpyrifos-éthyl reste cependant la substance majeure de cette famille dont les cibles de ravageurs de la vigne sont multiples. La probabilité d'utilisation maximale pour cette substance active est de près de 55 % en Charentes au cours de la période 2000-2009. Celle-ci était certainement plus élevée dans l'ensemble des vignobles pour des périodes plus anciennes : la probabilité des organophosphorés étant comprise entre 70 % et 90 % entre 1980 et 1999, mais comme précisé précédemment, le niveau substance active n'a pas pu être renseigné sur ces périodes.

Les pyréthrinoïdes de synthèse

Les pyréthrinoïdes de synthèse sont la dernière famille chimique insecticide majeure sur vigne et la principale actuellement.

Le grand nombre de substances actives homologuées à partir de la seconde moitié des années 1980 rend, comme pour les organophosphorés, impossible le détail en substances actives. L'usage de cette famille chimique est cependant bien plus variable entre les vignobles que les organophosphorés, notamment sur les années récentes où les traitements insecticides ont beaucoup diminué. Ainsi pour la période 2010-2016, la probabilité d'utilisation de cette famille chimique était inférieure à 5 % en Alsace contre plus de 75 % en Charentes. La fréquence de traitements est quant à elle plutôt homogène, entre 1 et 1,8 passages. La faible utilisation des pyréthrinoïdes de synthèse en Alsace est à mettre en regard de son utilisation du fénoxy-carbe (SA de la famille des carbamates), qui est la plus importante au niveau national, ainsi que de son recours dans une certaine mesure à la confusion sexuelle.

Herbicides

Les amino-phosphinates

Il s'agit de la famille chimique du glufosinate d'ammonium, substance active présente dans les quatre périodes de la matrice et au sein de tous les vignobles. Elle est également utilisée pour l'épamprage. Cette substance active a été interdite en 2017 sur vigne. Sa probabilité maximale est de 75 % en Champagne sur la période 1990-1999 et estimée comme inférieure à 5 % en Alsace sur la période 1980-1989. À la veille de son interdiction, elle reste encore fortement utilisée avec une probabilité maximale de 55 % également en Champagne sur la période 2010-2016. Sa fréquence est comprise entre 0,5 et 0,8 pour l'ensemble de la matrice.

Les amino-phosphonates

Il s'agit de la famille chimique du glyphosate, substance présente dans l'ensemble des vignobles et utilisée sur toutes les périodes. Herbicide systémique de post-levée, son spectre d'action très large en fait une substance particulièrement utilisée contre les vivaces ou contre les adventices annuelles depuis son homologation sur vigne en 1975. Il est utilisé seul, ou en association avec de multiples substances, parmi les plus fréquentes la simazine, le thiocyanate d'ammonium ou l'aminotriazole. Il est souvent mis sur le marché sous la forme de sel d'isopropylamine, au sein des différentes spécialités commerciales. Pour des raisons de simplification l'ensemble des formes disponibles sur le marché sont regroupées ici sous le terme « glyphosate ». Sa probabilité d'utilisation est élevée au sein de tous les vignobles et atteint près de 95 % en Charentes sur la période 2010-2016. Sa fréquence d'utilisation peut atteindre jusqu'à 0,9 traitement sur certaines périodes.

Les ammoniums quaternaires

Diquat et paraquat sont les deux substances actives appartenant à cette famille chimique présentes dans la matrice viticulture. Elles ont été utilisées en traitements herbicides contre les adventices, et pour l'épamprage des vignes pour le diquat. Le paraquat, utilisable seul ou en association avec de

nombreuses substances dont la simazine ou le diquat, a été interdit en 2007. Le diquat, utilisable également seul ou en association uniquement avec le sulfosate ou le paraquat, a fait l'objet d'un retrait d'usage définitif 10 ans plus tard sur vigne. Ces substances sont présentes au sein de trois périodes dans la matrice : 1980-1989, 1990-1999, 2000-2009. La probabilité d'utilisation de cette famille chimique a diminué au cours du temps (probabilité maximale égale à 33 % en 1980-1989 et égale à 5 % en 2010-2016), d'une part du fait de l'interdiction du paraquat et de l'arrivée de nouveaux herbicides sur le marché, et d'autre part par le retrait au fur et à mesure de l'ensemble des spécialités commerciales contenant du diquat autorisées sur vigne. Ainsi pour la période 2010-2016, l'usage du diquat est estimé inférieur à 5 % dans l'ensemble des vignobles avec seulement trois spécialités commerciales encore présentes sur le marché.

Les N-phénylphtalimides

Famille chimique de la flumioxazine, seule représentante de cette famille dans la matrice, elle est présente à partir de 2000 dans la matrice viticulture. Son usage varie de moins de 5 % dans le Bordelais (période 2000-2009) à 35 % (Alsace sur la période 2000-2009 et Beaujolais sur la période 2010-2016). Cet herbicide de pré-levée est utilisable seul ou en mélange avec le diuron interdit en 2008. Sa fréquence d'utilisation varie de 0,4 à 0,8.

Les sulfonylurées

Le flazasulfuron, substance active appartenant à la famille chimique des sulfonylurées et seule représentante de cette famille dans la matrice, est présent sur le marché des produits phytosanitaires depuis 2000. Il est donc présent dans la matrice viticulture pour les périodes 2000-2009 et 2010-2016. Utilisable seul contre les adventices de pré et post-levée, sa probabilité d'utilisation varie de moins de 5 % en Alsace et en Champagne (période 2000-2009) à 50 % pour le Beaujolais (période 2010-2016). Sa fréquence d'utilisation est comprise entre 0,4 pour les vignobles Bordelais, Charentes, Vallée du Rhône/PACA/Corse (période 2000-2009) et 0,9 pour le Beaujolais et la Bourgogne (période 2000-2009).

Les triazoles

Il s'agit de la famille chimique de l'aminotriazole (ou amitrole), interdite en fin d'année 2015 et seule représentante de cette famille chimique pour les herbicides dans la matrice. Cette substance active fait partie des substances les plus utilisées avec le glyphosate dans la matrice viticulture, elle est présente au sein de multiples spécialités commerciales que ce soit seule ou en association. Bien que sa probabilité d'usage soit très variable, on la retrouve au sein de tous les vignobles. Sa probabilité maximale est de 55 % en Champagne pour la période 2010-2016. A contrario elle est estimée à 5 % en Vallée du Rhône/PACA/Corse ou en Alsace sur la même période. Sa fréquence d'utilisation est comprise entre 0,5 tous vignobles confondus (périodes 1980-1989 et 1990-1999) et 0,9 en Bourgogne (période 2000-2009).

Les urées substituées

Le diuron, seule substance active appartenant à cette famille chimique présente dans la matrice, a été particulièrement utilisé jusqu'à son interdiction en 2008. Cette substance était présente au sein d'un grand nombre de spécialités commerciales. Il a été fortement utilisé dans le Beaujolais, que ce soit sur la période 1980-1989 avec une probabilité d'utilisation estimée à 65 % ou sur la période 2000-2009 avec une probabilité de 40 %. Il s'agit de la probabilité maximale en France pour ces deux périodes. Sa fréquence d'utilisation varie de 0,4 en Alsace et Vallée du Rhône/PACA/Corse à 0,9 dans le Beaujolais et le Val de Loire pour la période 2000-2009.