



HAL
open science

La pollution de l'air par les produits phytosanitaires : élaboration d'un guide de bonnes pratiques. Application au contexte alsacien

Mylène Striebel

► To cite this version:

Mylène Striebel. La pollution de l'air par les produits phytosanitaires : élaboration d'un guide de bonnes pratiques. Application au contexte alsacien. Sciences agricoles. 2015. dumas-01203451

HAL Id: dumas-01203451

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01203451v1>

Submitted on 23 Sep 2015

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

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

**AGROCAMPUS
OUEST**

CFR Angers

CFR Rennes



Année universitaire : 2014 - 2015

Spécialité : Horticulture

Spécialisation : Gestion Durable du Végétal
(GDV)

Mémoire de Fin d'Études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

La pollution de l'air par les produits phytosanitaires : élaboration d'un guide de bonnes pratiques – Application au contexte alsacien

Par : Mylène STRIEBEL



Soutenu à Angers le 9 septembre 2015

Devant le jury composé de :

Président : Patrice Cannavo

Maître de stage : Alfred Klinghammer

Enseignant référent : Christophe Migeon, Josiane Lecorff

Autres membres du jury : Carole Bedos (INRA, Grignon), Samuel Guis (Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST


Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité :

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans 6 mois

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible⁽¹⁾.

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant).

Date et signature du maître de stage⁽²⁾ : 21/08/2015 



Droits d'auteur :

L'auteur⁽³⁾ autorise la diffusion de son travail


Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

Date et signature de l'auteur : 21/08/2015 

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant :

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à Alfred Klinghammer mon maître de stage qui m'a permis de réaliser ce stage et m'a épaulé tout au long de mon étude.

Je remercie chaleureusement Christophe Migeon et Josiane Lecorff, mes référents d'Agrocampus Ouest pour leur suivi et leurs précieux conseils.

Je remercie tout particulièrement Céline Abidon, conseillère viticole à la Chambre d'Agriculture et son stagiaire Jordan Rozier pour leur aide tout au long de mon stage.

Je remercie également tous les conseillers de la Chambre d'Agriculture d'Alsace qui ont répondu à toutes mes questions et m'ont aidé dans ma démarche : François Alves, Claire Amiraux, Jérôme Attard, Nathalie Brobeck-Allard, Jonathan Dahmani, Nicolas Jeannin, François Lannuzel et Frédéric Schwaerzler.

Merci à Odile Rochigneux pour son accompagnement au cours de mon stage.

Je remercie également Cyril Pallarès de l'ASPA (Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace) pour m'avoir fourni une partie des données nécessaires à mon travail et pour son suivi.

Merci à Christian Bockstaller pour m'avoir donné accès à la nouvelle version de I-phy et m'avoir aidé dans la réalisation de mon travail.

Je tiens également à remercier Grégory Vérice de l'ARAA (Association pour la Relance Agronomique en Alsace) et Claude Wilmes, statisticien à la DRAAF (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt) pour m'avoir fourni les données nécessaires à la réalisation des notes I-phy.

Merci également à Jérémy Ganter pour avoir réalisé les cartes de l'assolement et à Didier Lassere pour m'avoir fourni les travaux dont j'avais besoin.

Merci à ceux ayant participé aux comités de suivi de l'avancée de mon projet : Régis Huss, Alain Weisseberger et tous les autres déjà cités précédemment.

Je remercie tout particulièrement Marie Bausch, stagiaire à la Chambre d'Agriculture pendant la même période que moi pour tous ses conseils et ses avis sur mes questions ainsi que tous les autres stagiaires pour leur bonne humeur.

Je remercie également ma famille pour m'avoir permis de faire ces études et pour m'avoir soutenue tout au long de celles-ci.

Table des matières

Avant-propos

Liste des abréviations utilisées

Glossaire

Liste des annexes

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
1. Qualité de l'air et produits phytosanitaires	3
1.1. Mécanismes de transfert des produits phytosanitaires dans l'air	3
1.1.1. Pertes par dérive	3
1.1.2. Pertes par volatilisation	3
1.1.3. Transfert particulaire par érosion éolienne.....	4
1.2. Impacts sur la santé humaine et sur l'agriculture.....	5
1.3. Contexte réglementaire et surveillance	5
1.3.1. Prise en compte des risques pour l'air pour la délivrance d'AMM	5
1.3.2. Réglementation sur l'air et produits phytosanitaires.....	5
1.3.3. Actions de surveillance des AASQA	6
2. Le contexte alsacien.....	6
2.1. Les particularités géographiques et climatiques de l'Alsace	6
2.2. Les cultures prédominantes en Alsace	7
2.2.1. Les spécificités du vignoble alsacien	7
2.2.2. Les grandes cultures majoritaires en Alsace	7
2.3. Pratiques de traitement.....	7
2.3.1. Les substances actives les plus vendues en Alsace	7
2.3.2. Les traitements phytosanitaires de la vigne.....	8
2.3.3. Les traitements phytosanitaires des grandes cultures.....	8
2.4. Actions de surveillance engagées en Alsace.....	9
3. Démarche adoptée pour l'analyse des risques	9
3.1. Analyse des campagnes de mesure dans l'air de l'ASPA.....	9
3.1.1. Description des sites de mesure	9
3.1.2. Périodes d'échantillonnage.....	9
3.1.3. Liste des substances actives recherchées.....	10

3.1.4.	Méthodes de prélèvement et d'analyse	10
3.1.5.	Pression sanitaire lors des périodes de mesure.....	10
3.1.6.	Mise en relation avec les ventes de substances actives en Alsace	10
3.2.	Evaluation du risque de contamination de l'air après un traitement.....	11
3.2.1.	Description de la note I-phy Air.....	11
3.2.2.	Description des données utilisées.....	11
4.	Résultats	12
4.1.	Les substances actives retrouvées dans l'air	12
4.1.1.	Analyse globale	12
4.1.2.	Corrélation avec la pression sanitaire et la vente de substances actives	14
4.2.	Les substances actives à risque pour l'air d'après le modèle I-phy	18
4.2.1.	Analyse globale	18
4.2.2.	Analyse des notes I-phy Air des molécules retrouvées dans l'air.....	22
4.3.	Leviers d'actions pour limiter la pollution de l'air	23
4.3.1.	Facteurs de réduction de la dérive.....	23
4.3.2.	Facteurs de réduction de la volatilisation.....	26
4.4.	Les techniques à développer	29
5.	Discussion	29
5.1.	Limites des résultats des mesures dans l'air	29
5.2.	Limites des notes de risque I-phy	30
5.3.	Limites pour l'application des bonnes pratiques.....	30
5.3.1.	Limites techniques.....	30
5.3.2.	Contradiction avec les mesures de protection des eaux souterraines.....	30
5.4.	Les perspectives de travail	31
5.4.1.	Amélioration des campagnes de mesure	31
5.4.2.	Amélioration des pratiques agricoles et sensibilisation	31
	Conclusion.....	32
	Bibliographie.....	33
	Sitographie	39
	Annexes	

Avant-propos

Suite au Grenelle de l'Environnement, le plan Ecophyto a été initié en 2008. Celui-ci vise à réduire progressivement l'utilisation des produits phytosanitaires en France tout en maintenant la production tant en quantité qu'en qualité. Il est piloté par le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt et mobilise de nombreux acteurs : agriculteurs, chercheurs, instituts techniques mais également les Chambres d'Agriculture.

Une des missions confiées régionalement aux Chambres d'Agriculture est notamment l'animation du plan Ecophyto. La deuxième version de ce plan prévoit dans son axe 3 « évaluer et maîtriser les risques et les impacts » de « Réduire le plus possible les effets potentiels (des pesticides) sur la santé des citoyens à travers la surveillance de l'alimentation, de l'eau et de la contamination aérienne ». La partie « contamination aérienne » par les produits phytosanitaires est un thème récent et peu abordé. Chaque région se doit donc de développer les connaissances à ce propos. En Alsace, la Chambre d'Agriculture régionale, la Direction Régionale de l'Agriculture de l'Agro-alimentaire et de la Forêt (DRAAF) et l'Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution atmosphérique en Alsace (ASPA) travaillent en collaboration sur le thème des produits phytosanitaires dans l'air. C'est un sujet dont l'importance a été soulevée par la Chambre d'Agriculture de Région Alsace (CARA) avec notamment l'organisation d'un colloque intitulé « Agriculture et qualité de l'air » le 12 février 2015. C'est sur cette thématique récente que s'est axé mon stage de fin d'étude au sein de la CARA.

Ma mission a consisté dans un premier temps à faire un état des lieux des modes de contamination de l'atmosphère par les produits phytosanitaires. Dans un deuxième temps j'ai réalisé une analyse des molécules retrouvées dans l'air et mis en évidence les molécules utilisées les plus à risques. Enfin, le but ultime de mon travail a été de réaliser un guide de sensibilisation à destination des agriculteurs qui sera par la suite publié dans le cadre du plan Ecophyto.

Liste des abréviations utilisées

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air	CIETAP : Commission Interprofessionnelle d'Etude des Techniques d'Application de Produits phytopharm-aceutiques	MAAF : Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie	CORPEN : Comité d'ORientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENvironnement	ORP : Observatoire des Résidus de Pesticides
AFPP : Association Française de Protection des Plantes	DMTA-P : Diméthénamide	PNSE : Plan National Santé Environnement
AMM: Autorisation de Mise sur le Marché	DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt	POP : Polluant Organique Persistant
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement	PRSE : Plan Régional Santé Environnement
AOC : Appellation d'Origine Contrôlée	IFT : Indice de fréquence de traitement	SA : Substance active
ARAA : Association pour la Relance Agronomique en Alsace	IFV : Institut Français de la Vigne et du Vin	SAU : Surface Agricole Utile
ASPA : Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace	INERIS : Institut National de l'EnviRonnement industriel et des rISques	TRDP : Technique de Réduction de la Dérive de Pulvérisation
BNV-D : Base Nationale de données des Ventes des Distributeurs	INRA : Institut National de la Recherche Agronomique	
BSV : Bulletin de Santé du Végétal	LAAF : Loi d'Avenir pour l'Agriculture l'alimentation et la Forêt	
CARA : Chambre d'Agriculture de la Région Alsace	LAURE : Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie	

Glossaire

Adventice : Plante non désirée sur une culture communément appelée mauvaise-herbe.

AGRESTE : service public de statistiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.

ARVALIS : Institut du Végétal, Institut technique agricole au service des agriculteurs et des filières.

Bouillie : Préparation destinée aux traitements phytosanitaires constituée par des produits phytosanitaires, des éventuels adjuvants et de l'eau.

Cavaillon : Bande de terre située sous les vignes et en général désherbée.

DEPHY : réseau dédié à la démonstration, à l'expérimentation et à la production de références s'appuyant sur un ensemble d'exploitations agricoles et sur un réseau de sites expérimentaux dans le cadre du plan Ecophyto.

Ecophyto : Plan national de réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires tout en maintenant la performance économique des exploitations agricoles.

K_{oc} : coefficient de répartition eau-octanol de la molécule dans le sol relatif au carbone.

K_d : coefficient de répartition du produit phytosanitaire entre les phases aqueuses et solides du sol.

Saisine : Terme juridique désignant une saisie d'une instance par une autre pour une étude.

Mildiou : Maladie fongique de la vigne, de la pomme de terre ou des tomates.

Oïdium : Maladie fongique de la vigne.

Phytopharmacovigilance : Surveillance de la contamination d'un milieu par les produits phytosanitaires.

Phytotoxicité : Dégât sur une culture provoqué accidentellement par un traitement phytosanitaire.

Pourriture grise : Maladie fongique des grappes de la vigne due au champignon botrytis.

Post-levée : Se dit d'un traitement herbicide effectué après la levée des adventices c'est-à-dire une fois qu'elles sont hors de terre.

Prélevée : Se dit d'un traitement herbicide effectué avant la levée des adventices.

Produit de contact : Produit phytosanitaire restant à la surface des feuilles ou des fruits après le traitement.

Produit pénétrant : Produit phytosanitaire pénétrant dans les tissus des feuilles et des fruits.

Produit phytosanitaire : Produit de protection des plantes constitué d'une substance active et d'additifs (mouillant, solvant, émulgateur, dispersant, anti-mousse...).

Produit systémique : Produit phytosanitaire pénétrant dans les tissus des feuilles et des fruits se diffusant dans la plante par la sève.

Rouille jaune : Maladie fongique du blé.

Septoriose : Maladie fongique du blé.

Substance active : molécule ayant un principe actif dans un produit phytosanitaire anciennement appelée « matière active ».

Liste des annexes

ANNEXE I : Carte des petites régions agricoles d'Alsace (CARA, 2013)

ANNEXE II : Ventes de produits phytosanitaires en Alsace en tonnes de substances actives soufre et cuivre compris (Striebel, 2015)

ANNEXE III : Description du site de mesure à tendance viticole (Striebel, 2015) et assolement 2015 dans un rayon d'un 1km (Ganter (CARA), 2015)

ANNEXE IV : Description du site à tendance grandes cultures (Striebel, 2015) et assolement 2015 dans un rayon d'un 1km (CARA, 2015)

ANNEXE V : Liste des substances actives recherchées par l'ASPA (source : ASPA)

ANNEXE VI : Graphiques des ventes annuelles moyennes des substances actives les plus vendues en Alsace entre 2010 et 2013 en tonnes (Striebel, 2015)

ANNEXE VII : Cartographie des zones Agri-Mieux en Alsace (GANTER (CARA), 2014)

ANNEXE VIII : Caractéristiques des substances actives retrouvées dans l'air et analysées avec I-phy Air (Sources : Bonet et *al.* (2014) et e-phy [12])

ANNEXE IX : Détail du pourcentage des concentrations moyennes en substance active détectées en 2013 et 2014 par site (Striebel, 2015)

ANNEXE X : Détail du pourcentage des concentrations moyennes en substance active détectées selon les années (Striebel, 2015)

ANNEXE XI : Notes de risque globales I-phy Air pour les substances actives utilisées en traitement vigne lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques 2013 (Striebel, 2015)

ANNEXE XII : Variations des moyennes des notes de risque I-phy Air des substances actives viticoles en fonction de l'enherbement (Striebel, 2015)

ANNEXE XIII : Notes de risque globales I-phy Air pour les molécules utilisées en traitement grandes cultures lors de l'enquête ARAA sur les pratiques 2012 et 2013 (Striebel, 2015)

ANNEXE XIV : Notes I-phy Air des herbicides par surfaces traitées extrapolées au vignoble alsacien lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques viticoles 2013 (Striebel, 2015)

ANNEXE XV : Notes I-phy Air des insecticides et fongicides du maïs et des régulateurs de croissance et stimulateurs de défenses naturelles du blé par surface traitée lors de l'enquête ARAA sur les pratiques agricoles en grandes cultures 2012 et 2013 (Striebel, 2015)

ANNEXE XVI : Comparaison de stratégies de désherbage et effet sur les notes I-phy Air et I-phy ESO (eaux souterraines) (Striebel, 2015)

ANNEXE XVII : Effet du choix des buses sur la dérive en grandes cultures (ARVALIS, 2015)

ANNEXE XVIII : Effet des panneaux récupérateurs. Extrait de : « Réduire les intrants : que peut-on attendre des panneaux récupérateurs ? » Alexandre Davy, IFV- Vinopôle Bordeaux Aquitaine

ANNEXE XIX : Notes de risque I-phy eaux souterraines et surface par substance active issues de l'enquête EVALUATION 2014 des opérations Agri-Mieux Hardt Eau Vive et Collines, Eau et Terroirs (ARAA, 2013)

ANNEXE XX : Brochure de sensibilisation sur la problématique des produits phytosanitaires dans l'air à destination des viticulteurs (Striebel, 2015)

ANNEXE XXI : Brochure de sensibilisation sur la problématique des produits phytosanitaires dans l'air à destination des agriculteurs en grandes cultures (Striebel, 2015)

Liste des figures

Figure 1: Dérive lors d'un traitement sur vigne (CARA, 2015)	3
Fig. 2 : Graphique des concentrations des substances actives détectées sur le site à tendance viticole en fonction des semaines de mesure des campagnes 2013 et 2014 (Striebel, 2015) ..	12
Fig. 3 : Graphique des concentrations des substances actives détectées sur le site à tendance grandes cultures en fonction des semaines de mesure des campagnes 2013 et 2014 (Striebel, 2015).....	13
Fig. 4 : Ventes des substances actives détectées dans l'air par ordre de fréquence de détection décroissant et fréquence de détection dans l'air en pourcentage (Striebel, 2015)	14
Fig. 5: Notes I-phy Air fongicides (orange) et insecticides (jaune) par surfaces traitées extrapolées au vignoble alsacien lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques viticoles 2013 (Striebel, 2015).....	19
Fig. 6 : Notes I-phy Air par surface pour les traitements herbicides du maïs (Striebel, 2015) 21	
Fig. 7: Notes I-phy Air par surface pour les traitements herbicides du blé (Striebel, 2015) ...	21
Fig. 8: Notes I-phy Air par surface pour les traitements fongicides du blé (Striebel, 2015) ...	22
Fig. 9: Pulvérisateur porté à turbine oscillante (CARA, 2003).....	25
Fig. 10: Dérive lors d'un traitement avec une turbine oscillante (CARA, 2015)	25
Fig. 11: Effet des buses bout de rampe (Striebel, 2015)	25
Fig. 12: Détail d'un panneau récupérateur (DHUGUES)	29
Fig. 13: Efficacité du système de flux d'air twin (HARDI)	29

Liste des tableaux

Tableau 1 : Risque maladie donné par le BSV ainsi que les substances actives homologuées sur les maladies cibles lors des semaines de mesure dans l'air (les molécules soulignées en rouge sont celles retrouvées dans l'air à ces périodes) (Striebel, 2015)	15
Tableau 2 : Substances actives et cultures cibles sur la zone (Striebel, 2015).....	16
Tableau 3 : Risque maladie et ravageurs à dire du BSV et calendrier de désherbage à dire d'expert en fonction des semaines de mesure dans l'air sur les cultures présentes dans la zone (Striebel, 2015).....	17
Tableau 4 : Notes de risque I-phy Air des molécules fongicides et insecticides de l'enquête viticole problématiques	19
Tableau 5 : Notes de risque I-phy Air des molécules de l'enquête en grandes cultures problématiques	20

Introduction

Depuis les années 60, l'utilisation de *produits phytosanitaires* et d'engrais a permis de multiplier la productivité agricole par 3. Les produits phytosanitaires permettent de protéger les cultures contre les maladies, les ravageurs, et les *adventices* nuisant à leur bon développement. Le marché mondial n'a fait que croître depuis les années 60 pour finalement se stabiliser dans les années 2000 [1]. La France est le deuxième consommateur européen en termes de quantité avec 66 659 tonnes de *substances actives* (SA) vendues par an et le neuvième en termes de consommation rapportée à l'hectare avec 2.3kg/ha/an (Eurostat, 2013) [2]. Au niveau mondial, elle occupe le quatrième rang derrière les Etats-Unis, le Brésil et le Japon avec 78000 tonnes de produits phytosanitaires utilisés en 2008 [3]. Or lors d'un traitement, la totalité du produit n'atteint pas sa cible. En vigne par exemple seul 20% pour les stades jeunes à 70% en pleine végétation de la *bouillie* est déposée sur la plante (Codis et al., 2013). Le reste du produit peut se retrouver dans l'air ou sur le sol.

La contamination de l'eau par les produits phytosanitaires est aujourd'hui très surveillée et très encadrée car elle sert dans de nombreux cas à alimenter les réseaux d'eau potable. Concernant la contamination de l'air, il s'agit d'une préoccupation très récente. Il n'existe en effet aucune norme européenne ou nationale sur les concentrations maximales en SA acceptables dans l'air. La deuxième version du plan *Ecophyto* prévoit cependant dans un de ses axes de « Réduire le plus possible les effets potentiels sur la santé des citoyens à travers la surveillance de l'alimentation, de l'eau et de la contamination aérienne ». Un suivi de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires est réalisé depuis 2001 par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) fédérées au sein du réseau de surveillance de l'air ATMO-France. Il est ressorti de ces mesures 3 114 SA détectées. Ce suivi pose des problèmes d'hétérogénéité ayant abouti à la mise en place d'une liste nationale socle de 41 molécules à rechercher en priorité. Une base de données globale a également été créée par l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) et l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

En Alsace, le thème de la qualité de l'air est particulièrement important du fait de la topographie de la région formant une cuvette entre les Vosges à l'ouest et la Forêt Noire à l'est. En effet les pics de pollution sont particulièrement marqués car les polluants comme les particules restent piégés entre les deux massifs. Le suivi des produits phytosanitaires dans l'air est assuré par l'Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution atmosphérique en Alsace (ASPA) qui a mis en place des campagnes de mesure exploratoires depuis 2013. Les molécules recherchées sont celles de la liste nationale socle ainsi que celles jugées pertinentes à analyser pour la région. Un nombre important de SA a été retrouvé lors de ces campagnes.

Dans ce contexte, la question qui se pose est : comment les produits phytosanitaires se retrouvent-ils dans l'air et dans quelle mesure peut-on limiter la contamination de l'air ambiant ? C'est cette problématique que la Chambre d'Agriculture de Région Alsace (CARA) a soulevé lors de son colloque du 12 février 2015 « Agriculture et Qualité de l'Air ». C'est dans ce cadre que j'ai réalisé mon stage de fin d'étude dont le but a été de répondre au mieux à cette question.

L'objectif de ce mémoire est de rechercher les moyens possibles pour limiter la contamination de l'air ambiant et de déterminer les molécules les plus à risques. Pour répondre à celui-ci nous analyserons dans un premier temps le contexte dans lequel s'inscrit la contamination de l'air par les produits phytosanitaires et plus particulièrement celui de la région Alsace dans un deuxième temps. Dans une troisième partie, nous développerons les

méthodes d'analyses utilisées puis dans un quatrième temps, nous verrons les résultats de ces analyses et les leviers d'actions possibles pour la réduction de la contamination de l'air. Pour finir nous apporterons un regard critique sur les méthodes proposées et sur les méthodes d'analyse.

Nous traiterons uniquement des produits chimiques de synthèse et nous n'aborderons pas les produits de traitement alternatifs comme le soufre ou le cuivre. Nous nous concentrerons également sur les cultures majoritaires en Alsace : la vigne et les grandes cultures céréalières.

1. Qualité de l'air et produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires sont appliqués dans la plupart des cas par pulvérisation liquide sous forme de bouillie. Ils peuvent également être incorporés dans le sol sous forme de granulés ou de traitement de semences mais nous ne nous intéresserons pas à ce mode d'application qui ne pose pas de problème pour l'air. Lors de la pulvérisation, il se peut que les produits n'atteignent pas leur cible se retrouvent dans l'air par différents phénomènes que nous allons analyser ici. Ce sont des pertes qui ont à la fois un coût environnemental et un coût financier pour l'agriculteur qui perd de l'efficacité et du produit.

1.1. Mécanismes de transfert des produits phytosanitaires dans l'air

1.1.1. Pertes par dérive

Selon la norme ISO 2286:2005, la dérive de pulvérisation est « la quantité de pesticides qui est transportée hors de la zone de pulvérisation (zone non traitée) par l'action des courants d'air pendant le processus d'application » (Fig. 1). Les pertes de produits phytosanitaires par dérive peuvent atteindre 30 à 50% de la dose appliquée (Van den Berg et *al.*, 1999). Ces pertes vont dépendre de nombreux facteurs météorologiques et techniques mais également du stade de la végétation. Lors de la pulvérisation, le nuage est constitué de gouttelettes de taille différentes, les grosses gouttes (diamètre $>400 \mu\text{m}$) tombent au sol ou sur la culture et les plus fines (diamètre $<100 \mu\text{m}$) tendent à se disperser dans l'air et à s'évaporer. Les pertes ont lieu à la fois sous la forme d'aérosols liquides et sous la forme de vapeur (CORPEN, 2007).



Figure 1: Dérive lors d'un traitement sur vigne (CARA, 2015)

L'effet de la dérive en viticulture a été démontré notamment par des essais de l'Institut Français de la Vigne et du vin (IFV). Les pertes vers l'air atteignaient jusqu'à 32% en jet porté dans les conditions de cette étude (Davy, 2013). L'intensité de la dérive a également été mesurée en fonction de différents types de buses utilisées pour les grandes cultures notamment lors d'expérimentations d'ARVALIS, Institut du Végétal.

1.1.2. Pertes par volatilisation

La volatilisation est le phénomène de passage à l'état gazeux ou de vapeur d'une molécule. En agriculture, le produit épandu et notamment la SA appliquée peut ne pas rester sur le végétal ou sur le sol sous forme liquide et se retrouver dans l'atmosphère sous forme gazeuse. Ce phénomène peut se poursuivre plusieurs jours après l'épandage et peut même durer jusqu'à quelques mois pour les produits phytosanitaires particulièrement persistants. Dans certains cas cela peut concerner 90% de la dose appliquée et les taux de volatilisation sont compris entre 0.1g/ha/h à près de 100g/ha/h selon la substance considérée (Bedos et *al.*, 2002). Certains s'accordent à dire que la volatilisation est cyclique au cours de la journée : elle atteint son maximum aux alentours de midi et est à son minimum la nuit. Ces résultats n'ont cependant été étudiés que sur certaines molécules (Briand et *al.*, 2001; Cellier, 2005; Marliere, 2001).

La volatilisation n'est pas identique depuis la plante et depuis le sol. Depuis la plante, elle a lieu rapidement dans les 24h après application (Willis & McDowel, 1987 ; Rüdél, 1997) et peut être 5 à 13 fois plus importante que depuis le sol selon la molécule considérée (Rüdél, 1997). Cela est notamment dû au fait que les plantes ont moins de sites d'adsorption retenant les molécules que le sol (FOCUS, 2008). Une autre hypothèse avancée serait qu'il existe

également une plus forte turbulence de l'air autour du végétal (Waymann & Rüdél, 1995). Cependant, le potentiel de volatilisation diminue lorsque le produit est absorbé par la plante dans le cas de produits systémiques ou pénétrants ou à cause de processus de dégradation à la surface de la plante (Breeze et al. 1992 ; FOCUS, 2008). La volatilisation depuis le sol a lieu à partir de la surface, elle peut être une voie de dissipation du produit importante dans le cas d'un sol humide. Pour un même produit, elle peut différer selon le travail du sol, son humidité, et sa composition (Bedos et al., 2002). Les SA seront plus ou moins adsorbées ce qui va limiter le phénomène de volatilisation (Marliere, 2001).

Les SA sont des composés faiblement volatils à semi-volatils voire volatils pour les fumigants. Nous ne nous attarderons pas sur ces derniers qui sont incorporés dans le sol sous forme de granulés ou micro-encapsulés et ne posent donc pas de problème (CORPEN, 2007). Les molécules avec une forte pression de vapeur saturante sont très sujettes à la volatilisation. Elle est forte peu après leur application et décroît rapidement. Celles avec une pression de vapeur plus faible ont une volatilisation moins forte mais qui dure plus longtemps dans le temps (Nash, 1983). D'après le rapport du groupe de travail sur les produits phytosanitaires dans l'air FOCUS (2008) la pression de vapeur serait suffisante pour déterminer les substances sans risque de volatilisation et celles avec un fort risque. D'après Guth et al. (2004), il s'agirait du meilleur indicateur pour évaluer la volatilisation depuis la plante juste après l'application. Cependant cela ne prend pas en compte le fait que le produit soit systémique ou pénétrant ni la composition du produit commercial dans lequel la SA se trouve.

Un des autres paramètres influençant la volatilité d'une SA depuis le sol est son potentiel d'adsorption. Il est déterminé par le coefficient d'adsorption K_{oc} ou avec le K_d . Si ce coefficient est significatif, il faut prendre en compte l'adsorption par le sol pour déterminer le risque volatilisation (Woodrow et al., 1997 ; Jansma & Linders, 1995).

1.1.3. Transfert particulaire par érosion éolienne

Les SA peuvent se retrouver dans l'air par érosion éolienne des particules sur lesquelles elles ont été adsorbées. Seules les petites particules légères avec un diamètre inférieur à 500 μm peuvent être entraînées par le vent (Marliere, 2001). Ce phénomène a été démontré pour l'atrazine et la simazine mais peu d'études ont été réalisées en climat tempéré. Un tel phénomène pourrait avoir lieu lors du semis de semences traitées. En effet l'abrasion du semoir pourrait générer des poussières contenant des particules de produit phytosanitaires sous forme solide potentiellement dispersibles dans l'air. Cependant, d'après l'arrêté du 13 avril 2010 relatif aux conditions d'enrobage et d'utilisation des semences traitées, des déflecteurs de poussières sont cependant obligatoires pour les semences de maïs traitées avec des insecticides afin de protéger les abeilles qui peuvent être victimes d'intoxication aiguë lors des semis. Ceci pourrait également avoir lieu sur les feuilles avec des préparations à base de soufre ou de cuivre (CORPEN, 2007).

Ce phénomène supposé négligeable, avec des quantités perdues inférieures à 1% mériterait d'être plus étudié notamment en climat tempéré (CORPEN, 2007). En Alsace, les vents étant relativement peu intenses par rapport à d'autres régions cela ne peut pas constituer une voie majeure de dispersion.

Une fois dans l'air, les SA peuvent se déplacer sur de très longues distances et avoir de nombreuses conséquences notamment sur l'agriculture elle-même mais également sur la santé humaine.

1.2. Impacts sur la santé humaine et sur l'agriculture

Les pertes de produits phytosanitaires dans l'air engendrent dans un premier temps une baisse d'efficacité du traitement puisque les plantes cibles ne sont pas traitées à la dose voulue. De plus, une fois dans l'air, les SA peuvent se déplacer, se redéposer sur des cultures non cibles et donner lieu à des dégâts tel que de la *phytotoxicité*.

Au niveau de la santé, les dangers des produits phytosanitaires peuvent se diviser en deux formes d'intoxications :

- Aigüe, liée à une très forte exposition pendant un temps court qui peut toucher principalement les agriculteurs lors de la manipulation des produits ou lors des traitements;
- Chronique, liée à une exposition à de plus faibles concentrations mais à plus long terme et dont les conséquences ne sont pas encore bien connues.

Celles-ci pourraient engendrer des maladies dont certains cancers qui touchent particulièrement les populations agricoles ou encore des maladies neurologiques comme la maladie de Parkinson (AIRPARIF, 2007). Certains produits sont également des perturbateurs endocriniens avec de nombreux effets néfastes sur la santé, d'autres encore sont reprotoxiques [4].

Face à tous ces risques, il n'existe pourtant aucune réglementation concernant des concentrations maximales de SA dans l'air comme c'est le cas pour l'eau et les aliments du fait du manque de connaissances. De nouvelles réglementations et des campagnes de mesure tentent cependant de mieux connaître les produits que l'on retrouve dans l'air.

1.3. Contexte réglementaire et surveillance

1.3.1. Prise en compte des risques pour l'air pour la délivrance d'AMM

Les produits phytosanitaires doivent bénéficier d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) pour pouvoir être vendus. La délivrance d'AMM tient compte du risque d'exposition à la dérive des personnes présentes. Ce risque est calculé avec le modèle EUROPOEM II pour un adulte de 60 kg situé à 7 mètres de la culture et exposé pendant 5 minutes à la dérive de pulvérisation (Van Hemmen, 2001). Le potentiel de volatilisation est également calculé selon les critères du guide FOCUS (2008) (ANSES, 2015).

1.3.2. Réglementation sur l'air et produits phytosanitaires

Au niveau international, le protocole d'Aarhus (entré en vigueur en 2003 et adopté en 1998) fait suite à la convention de Genève de 1979 concernant la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Il rend interdite la fabrication et l'utilisation de certains polluants organiques persistants (POP) dont une grande partie de SA. La convention de Stockholm adoptée en 2001 et entrée en vigueur en 2004 se concentre sur une partie des molécules du protocole d'Aarhus et vise à interdire et éliminer ces produits.

Au niveau européen un règlement sur les POP adopté en 2004 a pour but de simplifier l'application du protocole d'Aarhus et de la convention de Stockholm. La directive européenne CE/2009/128 interdit l'épandage aérien de produits phytosanitaires [5]. Elle a été inscrite au code rural par la loi Grenelle 2 et d'après un nouvel arrêté interministériel, aucune dérogation ne sera plus possible en 2016 [6].

Au niveau national, la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (LAURE) [7], la Loi d'Avenir pour l'Agriculture l'alimentation et la Forêt (LAAF) [8], le Plan National de Prévention des Risques pour la Santé liés à l'Environnement (PNSE) (DREAL, 2014) et la

deuxième version du plan Ecophyto (Ecophyto, 2015) obligent à des mesures de la qualité de l'air dont des mesures de *phytopharmacovigilance* pour les trois dernières mises en place très récemment. La LAAF interdit également l'utilisation de produits à risque dans les lieux fréquentés par des enfants et oblige à mettre en place des mesures de protection pour éviter toute contamination lors de traitement à proximité de zones abritant des personnes vulnérables [8]. L'arrêté du 12 septembre 2006 fixe une interdiction de traiter lorsque le vent a une intensité supérieure à 3 sur l'échelle de Beaufort soit 19km/h et une obligation de mettre en œuvre des moyens appropriés pour éviter les pertes de produits par dérive en dehors de la zone traitée lors de l'application [9].

Le PNSE se décline à l'échelle régionale en Plan Régional Santé et Environnement (PRSE). Un des objectifs du PRSE 2 (2011-2015) alsacien était de «Connaître et réduire l'impact des produits phytosanitaires dans l'air». Pour cela, des mesures de SA dans l'air ont été mises en place en collaboration avec l'ASPA depuis 2013. Le PRSE 3 (2015-2019) comprend également une mesure relative à la surveillance des produits phytosanitaires dans l'air (DREAL, 2015).

1.3.3. Actions de surveillance des AASQA

Depuis 2001, des AASQA pionnières dans la mesure des produits phytosanitaires dans l'air ont multiplié les études sur cette problématique. Suite à ces mesures, l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP) a demandé en 2008 à l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) un état des lieux des connaissances disponibles sur la contamination de l'air par les produits phytosanitaires. Ceci a donné lieu à un rapport montrant les disparités de pratiques au niveau des mesures et des analyses selon les régions et à des recommandations de suivi (ANSES, 2010). La *saisine* de l'ANSES du 2 septembre 2014 établie par les ministères de l'écologie, en charge de l'agriculture, en charge du travail et en charge de la santé concerne l'étude de modalités à prendre en compte pour la surveillance nationale des produits phytosanitaires dans l'air. Cette étude devrait être établie avant la fin 2015.

Nous avons donc vu que les produits phytosanitaires peuvent se retrouver dans l'air par les phénomènes de dérive et de volatilisation ainsi que de manière très minoritaire par transfert particulaire. Ces pertes engendrent un manque d'efficacité du traitement et peuvent impacter la santé humaine même si les effets à long terme sont encore peu connus. Nous avons également vu qu'aucune norme n'existait concernant leur présence dans l'air et que les réglementations se basent plutôt sur des démarches servant à mieux connaître les produits que l'on retrouve. Nous allons maintenant analyser plus en détail ce qui se passe au niveau de la région Alsace.

2. Le contexte alsacien

L'Alsace est une région connue pour ses vins. Elle est particulièrement touchée par les problèmes de pollution de l'air de par sa situation confinée entre les Vosges à l'ouest et la Forêt Noire à l'est. La surveillance de la qualité de l'air y est donc un enjeu primordial. Depuis 2013, des campagnes de mesure de SA ont été mises en place par l'ASPA.

2.1. Les particularités géographiques et climatiques de l'Alsace

L'Alsace est composée de plusieurs ensembles naturels qui ont déterminé les cultures en place (Bourdin et *al.*, 2013) (ANNEXE I).

La plaine d'Alsace représente la plus grande partie de la région et se divise en plusieurs sous régions : la plaine du Rhin, le Ried et la Hardt. Elle regroupe l'essentiel de la population

et l'on y trouve des cultures céréalières et des cultures propres à l'Alsace comme le chou à choucroute et le houblon. Le climat y est caractérisé par des hivers froids et secs et des étés chauds, orageux et ensoleillés. Le piémont des Vosges est caractérisé par la viticulture, l'arboriculture et l'élevage. La vigne y bénéficie d'un climat de type semi-continental et le massif vosgien protège le vignoble des influences océaniques, créant ainsi un microclimat propre à cette microrégion assurant la pluviométrie la plus basse de France (de 500 à 600mm d'eau par an) [10]. Le massif vosgien est en grande partie constitué de forêts mais présente au sud une agriculture tournée vers l'élevage. Il est caractérisé par un climat de montagne avec des températures basses, une forte pluviométrie et des hivers rudes et enneigés. Le plateau lorrain est orienté vers l'élevage, les cultures céréalières et la sylviculture. Enfin le Sundgau et les plateaux moyens du Jura, proches de la Suisse sont caractérisés par de la polyculture-élevage.

2.2. Les cultures prédominantes en Alsace

2.2.1. Les spécificités du vignoble alsacien

Le vignoble alsacien occupe 16 000 hectares soit au total 5% de la Surface Agricole Utile (SAU) alsacienne dont 14 740 hectares essentiellement Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) (Bourdin *et al.*, 2013).

Au niveau de la conduite de la vigne, elle se caractérise par une végétation à une hauteur beaucoup plus élevée que dans les autres régions viticoles de France du fait du fort risque de gel. En période de pleine végétation, la vigne peut atteindre jusqu'à 2.2 m de hauteur. En ce qui concerne l'enherbement, 98% des vignes sont enherbées au moins un rang sur 2 (AGRESTE, 2014).

2.2.2. Les grandes cultures majoritaires en Alsace

Les cultures céréalières en Alsace sont en grande partie représentées par le maïs grain qui couvre à lui seul 134 452 hectares soit 56% des terres labourables alsaciennes. Cette culture a pu se développer grâce à la ressource en eau facilement disponible avec la nappe phréatique à quelques mètres de profondeur dans la plaine. La pauvreté des sols et leur perméabilité a également orienté le choix de la culture vers le maïs plutôt que vers le blé (Bourdin *et al.*, 2013).

Le blé tendre d'hiver représente environ 20% de la surface labourable alsacienne. Il s'est imposé dans les parties plus fertiles de la région. Sa présence s'est également accentuée dans les zones d'élevage (Bourdin *et al.*, 2013).

D'autres cultures comme le soja, le tabac et la betterave sucrière et fourragère sont également cultivées dans des proportions plus restreintes.

2.3. Pratiques de traitement

2.3.1. Les substances actives les plus vendues en Alsace

On constate une augmentation des ventes de substances actives de 2010 à 2012 puis une diminution à nouveau en 2013. Ces quantités varient entre 605.2 tonnes et 877.6 tonnes sur près de 300 substances différentes avec une moyenne de 740 tonnes entre 2010 et 2013 si l'on comprend le soufre et le cuivre (ANNEXE II). Les variations des ventes sont fortement dépendantes de la pression sanitaire de l'année.

Si l'on considère le soufre et le cuivre, les fongicides représentent 48% des ventes de SA en Alsace entre 2010 et 2013 et les herbicides 45%. Le soufre et le cuivre sont destinés quasi-uniquement aux traitements viticoles. Hors soufre et cuivre, les herbicides représentent 66%

des SA vendues (ANNEXE II). Ils sont utilisés en majeure partie pour le désherbage des grandes cultures. C'est donc sur la vigne et les grandes cultures qui constituent la majeure partie des ventes de SA en Alsace que sera centrée l'analyse.

2.3.2. *Les traitements phytosanitaires de la vigne*¹

En ce qui concerne les traitements phytosanitaires de la vigne, l'Alsace est une des régions qui consomme le moins de produits en France (AGRESTE, 2010). L'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) moyen en Alsace est de 13 contre 18 en Bourgogne et 23.8 en Champagne-Ardenne par exemple [11]. La plupart des traitements sont des applications de fongicides. Ils sont effectués avec du soufre et du cuivre en majeure partie et avec des traitements chimiques lorsque la pression sanitaire devient trop forte. Sur une campagne annuelle 6 traitements contre le *mildiou* sont effectués en moyenne dont 4 avec du soufre. Les traitements contre la *pourriture grise* sont effectués plutôt sur les parcelles destinées à faire du pinot noir ou du crémant et concernent seulement 20% de la surface traitée. Pour les herbicides, le plus utilisé est le glyphosate appliqué en *post-levée*.

Au niveau de la fréquence des traitements, ils suivent une cadence de 12 à 14 jours voire plus selon les conditions météorologiques afin d'assurer la protection. Certains produits peuvent même avoir une rémanence de 21 jours. Un vigneron alsacien cultive en moyenne 10 ha, or pour traiter un hectare 1h est nécessaire (remplissage de la cuve compris). Les traitements peuvent donc s'effectuer sur une journée complète sur la totalité du vignoble d'un exploitant. Ceci pose problème pour la qualité de la pulvérisation car cela implique de traiter à des heures comme de midi à 16h où la température est la plus élevée.

2.3.3. *Les traitements phytosanitaires des grandes cultures*²

Les traitements sur maïs sont essentiellement du désherbage. Ils peuvent avoir lieu entre le début avril et la fin mai. Un traitement insecticide contre la pyrale peut être réalisé soit début juin soit début juillet, il s'agit du premier insecte ravageur du maïs en Alsace (Galais *et al.*, 2013). En 2013, il y avait en Alsace un objectif d'éradication et de confinement de la chrysomèle du maïs avec des traitements obligatoires (Lassere *et al.*, 2013). Celle-ci étant maintenant bien implantée ces objectifs ont été abrogés au niveau européen puis en France en juillet 2014 et seul persiste une volonté de régulation de la population (Lassere *et al.*, 2014).

Les traitements sur blé sont principalement des applications de fongicides, le dernier pouvant avoir lieu vers la fin mai. Quelques applications d'herbicides sont effectuées, mais sur seulement un tiers de la surface dans la plaine d'Alsace. La plupart des traitements ont lieu en post-levée de mars à début avril. Des régulateurs de croissance contre la verse peuvent également être utilisés.

Le désherbage de la betterave peut avoir lieu du semis au stade recouvrement du rang ce qui correspond à une période allant de mi-mars à fin mai. Pour le soja, il peut avoir lieu du semis à la mi-avril jusque début juin avant la floraison.

¹ Entretien avec Céline Abidon et Frédéric Schwaerzler, conseillers viticoles à la CARA

² Entretien avec Jonathan Dahmani, Alfred Klinghammer et François Lannuzel, conseillers grandes cultures à la CARA

2.4. *Actions de surveillance engagées en Alsace*

La surveillance des produits phytosanitaires dans l'air par l'ASPA consiste en une campagne de mesure annuelle sur des sites aux profils variés avec des tendances culturelles : urbain, grandes cultures, maraîcher, viticole ou encore arboricole. Les zones de prélèvement sont situées à proximité des habitations afin d'évaluer l'exposition des populations.

Nous avons vu quelles étaient les particularités géographiques et culturelles de l'Alsace ainsi que les modalités des campagnes de mesure de l'ASPA. Nous allons maintenant voir comment analyser les risques de transfert dans l'air des produits phytosanitaires. Pour cela, nous détaillerons les modalités des campagnes de mesure de l'ASPA et nous étudierons le fonctionnement d'un indicateur du risque de volatilisation des SA : I-phy Air.

3. Démarche adoptée pour l'analyse des risques

3.1. *Analyse des campagnes de mesure dans l'air de l'ASPA*

3.1.1. *Description des sites de mesure*

Dans cette étude nous nous pencherons uniquement sur les sites à tendance viticole et grandes cultures.

Site à tendance viticole (ANNEXE III) : Le site de mesure est situé à Kintzheim dans le Bas-Rhin. La commune est essentiellement viticole avec plus de 58% de la surface agricole plantée en vigne. Il y a cependant quelques parcelles de grandes cultures et quelques vergers à proximité. En 2015 l'assolement en grandes cultures dans un rayon d'un kilomètre autour du préleveur était caractérisé par du maïs (11% de la surface), du blé (17%) et du colza (1%).

D'après l'enquête concernant le captage d'eau de Kintzheim de 2012, sur 92 ha de vigne, 33.8 ha étaient conduits en bio et 60% des parcelles avaient un enherbement un rang sur 2. Le désherbage chimique en 2012 était réservé au *cavaillon*, le reste étant désherbé mécaniquement en majeure partie. Les résultats de l'enquête montrent une utilisation généralisée à toutes les exploitations du glyphosate sur les surfaces désherbées chimiquement ainsi que de produits de désherbage de *prélevée* (Mabon et al., 2014).

Site à tendance grandes cultures (ANNEXE IV) : Le site de mesure est installé sur une commune principalement céréalière à Ohnenheim dans le Bas-Rhin. Le préleveur se trouve à proximité directe des champs : il peut en résulter des quantités de produits plus importantes que sur le premier site. En 2015, sur un rayon de 1 km autour du préleveur, le maïs représentait 71% de la surface agricole et le blé 9%. Ce site présentait d'autres cultures plus minoritaires comme le soja et la betterave qui représentaient respectivement 11% et 7% de la surface agricole en 2015.

3.1.2. *Périodes d'échantillonnage*

Les campagnes de mesure 2013 et 2014 ont été réalisées sur 5 semaines de prélèvement en période d'activité agricole et une semaine de prélèvement témoin en automne. Les mesures ont été effectuées en période de traitement afin de rendre compte des concentrations maximales observables. Les semaines de mesures précises ont été déterminées par l'ASPA à l'aide du Bulletin de Santé du Végétal (BSV) qui permet de rendre compte de l'état sanitaire moyen des cultures.

Les mesures ont commencé 10 jours plus tôt en 2014 qu'en 2013 pour le site d'Ohnenheim et un mois plus tôt pour le site de Kintzheim (ANNEXE III et IV). En effet, la campagne de mesure 2013 a été caractérisée par des premières périodes d'échantillonnage très humides. Les conditions étant peu propices aux cultures, les périodes de mesure ont été

décalées dans le temps. Les mesures ont fini au 10 juillet pour les deux sites lors de la campagne estivale 2013. En 2014, elles ont fini au 29 juillet pour le site grandes cultures et au 5 août pour le site à tendance viticole.

3.1.3. Liste des substances actives recherchées

Pour des raisons techniques et économiques seul un nombre restreint de molécules a pu être considéré. La liste des SA recherchées était de 50 en 2013 et de 60 en 2014 (ANNEXE V). Elle était basée sur les 41 molécules de la liste nationale socle de 2008 déterminées lors du projet SPH'AIR³. Le choix des molécules à analyser a été fait en fonction de leur usage dans la région, du risque qu'elles avaient de se retrouver dans l'air, de leur toxicité et des conclusions tirées des campagnes de mesure d'autres régions. La faisabilité technique a également été déterminante (ASPA, 2015).

En 2013, la liste comprenait 23 herbicides, 20 fongicides et 7 insecticides dont 29 molécules appartenant à la liste nationale socle. En 2014, elle comprenait 27 herbicides, 23 fongicides, 8 insecticides, 1 rodenticide et 1 stimulateur de croissance. Les molécules recherchées étaient uniquement des SA et aucun métabolite n'a été considéré (ANNEXE V).

Les molécules non autorisées ne seront pas considérées dans cette étude à l'exception de l'acétochlore, encore autorisé jusqu'en 2013 [12].

3.1.4. Méthodes de prélèvement et d'analyse

Les molécules ont été prélevées à l'aide d'un préleveur bas débit pour l'analyse de SA en phase particulaire et gazeuse. Celui-ci avait un débit de 1 m³ d'air par heure soit 168 m³ d'air sur une semaine.

L'analyse a été réalisée selon la norme XP X 43-058 par le laboratoire accrédité MicroPolluants à Metz. Certaines molécules n'ont pas pu être quantifiées car elles ont été détectées dans de trop faibles concentrations. Les limites de détection et de quantification sont respectivement 8 ng/échantillon et 20 ng/échantillon pour tous les composés de cette étude à l'exception du folpel qui connaît des limites plus élevées.

Les préleveurs ont été disposés dans une zone où la culture cible est dominante et à proximité des habitations.

3.1.5. Pression sanitaire lors des périodes de mesure

L'année 2013 a été caractérisée par une plus forte pression du mildiou sur la vigne que l'année 2014 et inversement pour l'*oidium* (CA du Bas-Rhin, 2013 et 2014).

Concernant les grandes cultures, le pic de vol de la pyrale a été observé plus tôt en 2014 qu'en 2013 vers la mi-juillet au lieu de la fin du mois. En 2013 la septoriose a posé problème sur le blé tandis que l'année 2014 a plutôt été marquée par une forte présence de rouille jaune.

3.1.6. Mise en relation avec les ventes de substances actives en Alsace

Les résultats des SA retrouvées dans l'air seront comparés aux données des ventes de celles-ci en Alsace. Ces données sont issues de la Base Nationale de données des Ventes des Distributeurs (BNV-D) et ont été obtenues après extraction des tonnes de SA des tonnes de produits vendus (ANNEXE VI).

³ Le projet SPH'AIR consiste en l'établissement d'une liste des produits phytosanitaires les plus susceptibles de se retrouver dans l'air en se basant sur leurs propriétés physico-chimiques, leur usage et leur toxicité. Cette liste donne les produits à surveiller en priorité (Gouzy & Farret, 2005).

Les trois SA les plus vendues sont des herbicides :

- le S-métolachlore homologué pour les grandes cultures avec 74.5 tonnes par an
- le glyphosate, très polyvalent avec 64.3 tonnes par an
- l'acétochlore, spécifique au maïs et interdit depuis 2013 avec 40.1 tonnes par an [12]

Les molécules suivantes sont des fongicides principalement utilisés sur vigne (folpel, fosétyl-aluminium, mancozèbe) puis viennent d'autres herbicides (diméthénamide-p (DMTA-P), dicamba, isoproturon) et un régulateur de croissance (chlormequat chlorure).

3.2. Evaluation du risque de contamination de l'air après un traitement

3.2.1. Description de la note I-phy Air

L'outil I-phy Air 2 permet d'évaluer le risque de volatilisation d'une SA. Il s'agit d'une nouvelle version de l'indicateur I-Phy développé à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Colmar et mis à jour en intégrant une prise en compte plus fine des processus (Bockstaller et al., 2008 ; Van der Werf & Zimmer, 1998). Basé sur les travaux de Woodrow et al. (1997) il donne pour chaque traitement et par SA un flux de volatilisation depuis le sol, depuis la plante et un flux total en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$. Il calcule les flux pour 1 kg de SA. Ces flux sont ensuite transformés en une note de risque de volatilisation entre 0 et 10. Dix est la meilleure note et signifie un risque minimal et 0 signifie un risque maximal, en dessous de 7, on considère que le risque de volatilisation n'est pas négligeable. La valeur de 0 a été calée sur le flux de la trifluraline, un herbicide très volatil aujourd'hui interdit. Pour calculer cette note, l'outil se base sur la tension de vapeur, la solubilité et le K_{oc} de la molécule pour la volatilisation depuis le sol, et sur la tension vapeur uniquement pour la volatilisation à partir des plantes. Il prend également en compte la couverture végétale calculée à partir de la date de semis et du type de culture pour les grandes cultures. Pour la vigne, il prend en compte la donnée de l'enherbement. Les valeurs sont enfin transformées en fonction de la dose selon des règles de décision propres à I-phy, en suivant une échelle logarithmique d'ordre 10 (Bockstaller, 2011).

Les notes de traitements fongicides et insecticides sur vigne ont été calculées avec un enherbement de 90% (total et cavaillon désherbé), de 60% (un rang sur deux et cavaillon désherbé), et de 20% (sol nu). Pour les notes de traitements herbicides, les calculs ont été faits avec un enherbement de 50%. Pour la flumioxazine, herbicide de prélevée utilisé seul, relativement tôt dans l'année dans l'enquête et uniquement sur le cavaillon, les calculs ont également été réalisés avec un pourcentage de couverture de 0%.

3.2.2. Description des données utilisées

Les données utilisées pour le calcul des notes de risque en grandes cultures sont issues d'une enquête menée par l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA) entre 2012 et 2013. Cette enquête a été réalisée dans le contexte des opérations Agri-Mieux visant à améliorer la qualité des eaux en diminuant l'utilisation des produits phytosanitaires et des engrais dans le cadre du plan Ecophyto. Soixante-deux agriculteurs ont été interrogés dans des zones où la préservation de la qualité de l'eau est un enjeu : Hardt Eau Vive et Collines eau et terroirs (ANNEXE VII). L'enquête portait sur leurs pratiques culturales. En tout 83 SA différentes ont été recensées sur une surface de 33 073 hectares semés en maïs et 10 032 hectares semés en blé. Selon le stade d'application, le pourcentage de recouvrement du sol est très variable de 0% à 100%.

Pour les notes en viticulture les données utilisées sont le fruit d'une enquête *AGRESTE* « Pratiques culturales en viticulture 2014 » réalisée en 2013. Elle a été réalisée sur 242 parcelles définies pour être représentatives des pratiques viticoles alsaciennes. Les données

ont ensuite été extrapolées aux 15 000 hectares du vignoble alsacien. Soixante-six SA différentes ont été répertoriées.

Pour les deux enquêtes les doses en SA appliquées varient de quelques dizaines de g/ha à quelques kg/ha selon les molécules considérées.

Les caractéristiques des SA retrouvées dans la campagne de mesure de l'ASPA et à risque d'après I-phy sont recensées en ANNEXE VIII.

Nous avons vu comment fonctionnait l'outil I-phy Air et quel était le contexte des campagnes de mesure dans l'air. Nous allons à présent analyser les SA retrouvées lors des campagnes de mesure de l'ASPA. Pour cela, nous les mettrons en relation avec les données de vente de la BNV-D et avec les pratiques culturales au moment des mesures. Dans un deuxième temps, nous analyserons les notes de risques I-phy Air des SA issues des deux enquêtes considérées. Enfin, nous comparerons les notes de risques I-phy Air et les résultats des campagnes de mesure dans l'air.

4. Résultats

4.1. Les substances actives retrouvées dans l'air

4.1.1. Analyse globale

Dans les figures 2 et 3, les molécules herbicides sont représentées dans des couleurs vertes, les fongicides dans des couleurs rouges-orangées et les insecticides sont en jaune et en rose.

On retrouve 13 SA différentes sur le site grandes cultures et 16 sur le site viticole sur les 66 recherches en tout lors des campagnes 2013 et 2014. Certaines ont été détectées mais dans des concentrations trop faibles pour être quantifiées. Aucune SA n'a été détectée lors des semaines de mesure témoins (Fig. 2 et 3).

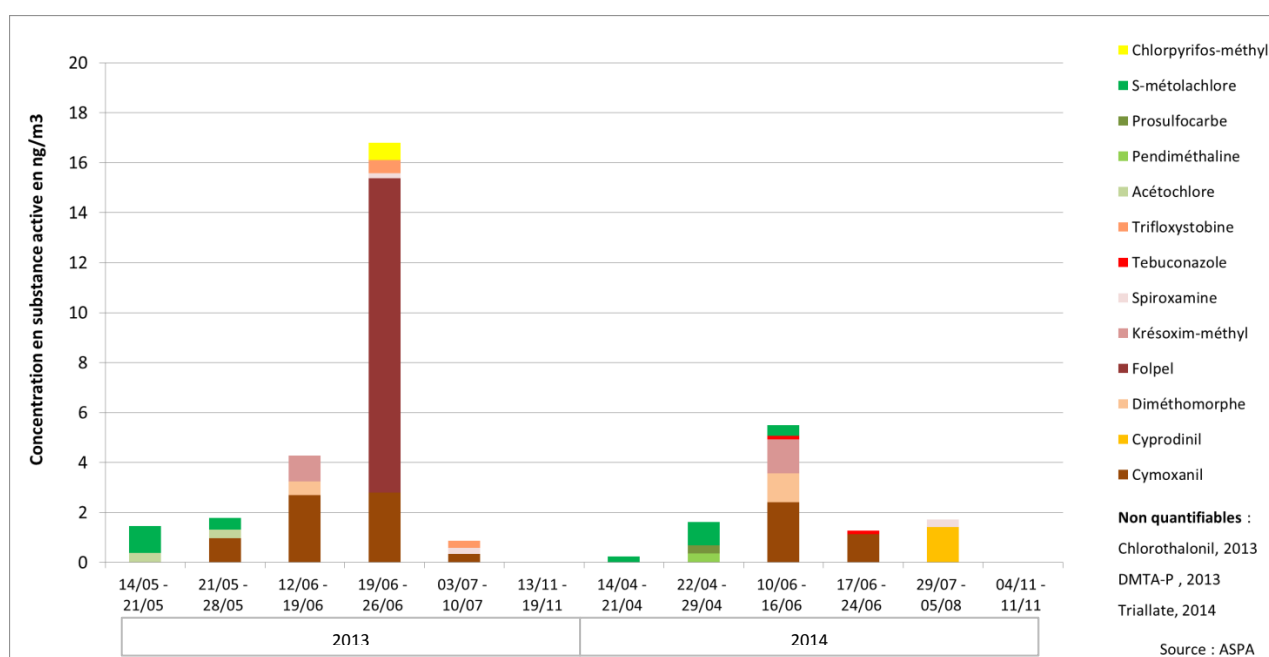


Fig. 2 : Graphique des concentrations des substances actives détectées sur le site à tendance viticole en fonction des semaines de mesure des campagnes 2013 et 2014 (Striebel, 2015)

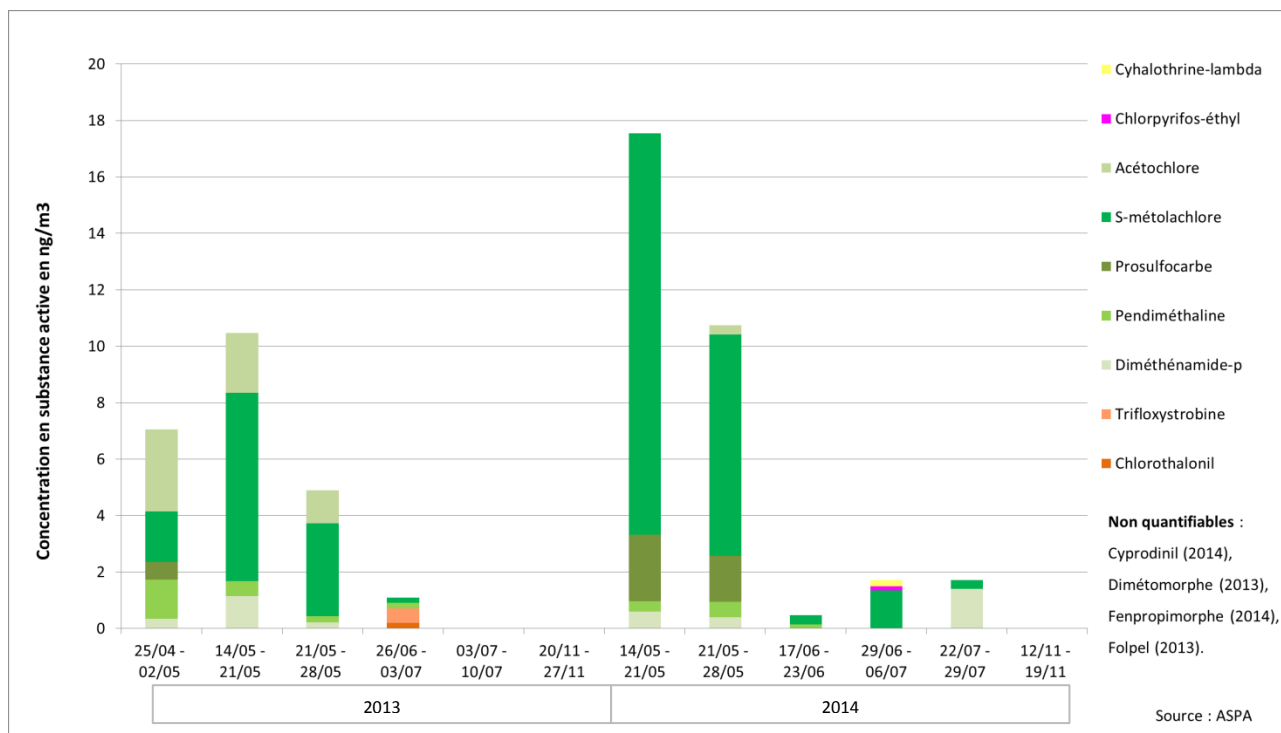


Fig. 3 : Graphique des concentrations des substances actives détectées sur le site à tendance grandes cultures en fonction des semaines de mesure des campagnes 2013 et 2014 (Striebel, 2015)

Les sites à tendance viticole et grandes cultures ont chacun un profil type qui correspond bien aux pratiques de traitement sur ces cultures. Sur le site à tendance viticole, les SA les plus retrouvées sont les fongicides tandis que pour le site grandes cultures ce sont les herbicides (ANNEXE IX).

Les concentrations les plus élevées ont été observées pour des herbicides homologués sur les grandes cultures (acétochlore, S-métolachlore) et des fongicides homologués sur la vigne (cymoxanil, folpel). Trois insecticides sont retrouvés sur 9 recherches : un en 2013 sur le site à tendance viticole (chlorpyrifos-méthyl) et deux en 2014 sur le site à tendance grandes cultures (chlorpyrifos-éthyl, cyhalothrine-lambda) (Fig. 2 et 3).

En termes de fréquence de détection, les SA les plus retrouvées sont des herbicides : le S-métolachlore détecté à 80%, le pendiméthaline (60%), l'acétochlore (40%), le DMTA-P et le prosulfocarbe (35%) (Fig. 4).

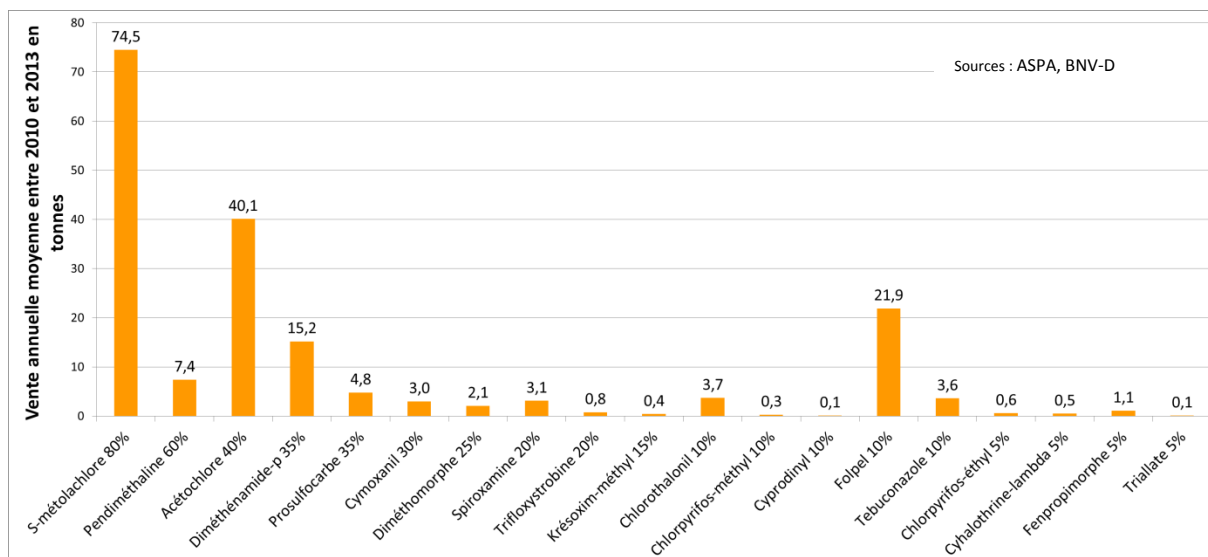


Fig. 4 : Ventes des substances actives détectées dans l'air par ordre de fréquence de détection décroissant et fréquence de détection dans l'air en pourcentage (Striebel, 2015)

En 2013 les SA prédominantes étaient le folpel, le S-métolachlore, l'acétochlore et le cymoxanil. En 2014, il y avait une prédominance du S-métolachlore, du prosulfocarbe, du DMTA-P, du cymoxanil, du krésoxim-méthyl et du cyprodinyl (ANNEXE X).

4.1.2. *Corrélation avec la pression sanitaire et la vente de substances actives*

Site de Kintzheim à tendance viticole

Lors de la campagne 2013, les mesures ont révélé : 5 herbicides dont 4 utilisés exclusivement en grandes cultures, 6 fongicides et un insecticide. Parmi ces SA 4 ont été détectées en concentration trop faible pour être quantifiées. Il s'agit d'herbicides principalement utilisés en grandes cultures : le prosulfocarbe et le DMTA-P, d'un fongicide des céréales à paille : le chlorothalonil ainsi que d'un herbicide utilisable sur de nombreuses cultures : le pendiméthaline. En 2014, 8 fongicides et 4 herbicides dont 3 destinés aux grandes cultures ont été détectés. Trois SA sont retrouvées dans des concentrations trop faibles pour être quantifiées : un fongicide, la trifloxystrobine et deux herbicides pour grandes cultures le triallate et l'acétochlore (Fig. 2).

Sur les deux années, on retrouve des herbicides utilisés exclusivement en grandes cultures comme l'acétochlore, le S-métolachlore, le triallate et le DMTA-P. Les périodes de détection correspondent aux périodes de désherbage du maïs en 2013 et du maïs et du blé en 2014 excepté pour le S-métolachlore retrouvé la semaine du 10 juin (Fig. 2 et Tab. 3). Ceci peut être expliqué par la proximité de grandes cultures dans un rayon de 1 km autour du point de mesure (ANNEXE III).

Le tableau 1 représente les SA homologuées sur les différentes maladies cibles ainsi que les périodes auxquelles ces maladies ont posé problème (déterminé avec le BSV). Une case vide correspond à une absence de risque. Les SA retrouvées dans l'air à ces périodes sont en rouge et soulignées.

Tableau 1 : Risque maladie donné par le BSV ainsi que les substances actives homologuées sur les maladies cibles lors des semaines de mesure dans l'air (les molécules soulignées en rouge sont celles retrouvées dans l'air à ces périodes) (Striebel, 2015)

Semaines de mesure		Fongicides homologués sur les maladies cibles (les matières actives retrouvées sont en rouge soulignées)			
		Mildiou	Oïdium	Black rot	Botrytis
2013	21-mai	<u>cymoxanil</u> , dimétomorphe, folpel			
	11-juin	<u>cymoxanil</u> , <u>dimétomorphe</u> , folpel	folpel, <u>krésoxim-méthyl</u> , spiroxamine, tébuconazole, trifloxystrobine		
	18-juin	<u>cymoxanil</u> , dimétomorphe, <u>folpel</u>	<u>folpel</u> , krésoxim-méthyl, <u>spiroxamine</u> , tébuconazole, <u>trifloxystrobine</u>		
	02-juil	<u>cymoxanil</u> , dimétomorphe, folpel	folpel, krésoxim-méthyl, <u>spiroxamine</u> , tébuconazole, <u>trifloxystrobine</u>		Cyprodinil
2014	16-avr				
	24-avr	cymoxanil, dimétomorphe, folpel			
	10-juin	<u>cymoxanil</u> , <u>dimétomorphe</u> , folpel	folpel, <u>krésoxim-méthyl</u> , spiroxamine, tébuconazole, <u>trifloxystrobine</u>	dimétomorphe, folpel, <u>krésoxim-</u> <u>méthyl</u> , spiroxamine, tébuconazole, <u>trifloxystrobine</u>	
	17-juin	<u>cymoxanil</u> , dimétomorphe, folpel	folpel, krésoxim-méthyl, spiroxamine, <u>tébuconazole</u> , trifloxystrobine	dimétomorphe, folpel, krésoxim- méthyl, spiroxamine, <u>tébuconazole</u> , trifloxystrobine	
	29-juil				

Les périodes de détection sur les deux sites des différentes SA fongicides détectées dans l'air sont toutes corrélées avec des périodes de traitements correspondantes excepté pour celles retrouvées lors de la semaine du 29 juillet 2014 : le cyprodinil et la spiroxamine (Fig. 3, tab. 1). Le **cyprodinil** est utilisé préventivement contre la pourriture grise aux alentours de la première quinzaine de juillet ce qui ne correspond pas à nos mesures (Bonet *et al.*, 2014). Il pourrait provenir d'autres cultures à proximité comme l'arboriculture présente dans la zone (ANNEXE III et VIII). Il est vendu en quantité relativement faible avec 0.1 tonne par an en moyenne et a une fréquence de détection de 10% (Fig. 4). Il n'a été détecté qu'à cette période. La **spiroxamine** est homologuée sur la vigne et sur les céréales à paille mais un traitement à cette date est impossible. Elle a également été retrouvée à la mi-juin et au début juillet 2013 à des périodes plus probables pour un traitement de la vigne. Elle est vendue à hauteur de 3.1 tonnes par an en moyenne dans la région soit autant que la molécule la plus retrouvée sur le site viticole, le cymoxanil, alors que sa fréquence de détection est de 20% (Fig. 4).

Le **cymoxanil** est un fongicide utilisé contre le mildiou de la vigne (ANNEXE VIII). C'est un produit vendu en faible quantité : 3 tonnes en moyenne par an. Il se retrouve avec un pourcentage de détection de 30% entre les deux sites et de 60% sur le site viticole (Fig. 4). Les concentrations les plus élevées retrouvées étaient au mois de juin pour les deux années (Fig. 2).

Le **krésoxim-méthyl** est une molécule très peu vendue à hauteur de 0.4 tonnes par an. Il a été détecté lors de la semaine de mesure de la mi-juin pour les deux années dans des concentrations d'un peu plus d'1 ng/m³ (Fig. 2).

Le **dimétomorphe** est vendu à hauteur de 2.1 tonnes par an. Les mesures 2013 et 2014 sont similaires puisque cette SA a été détectée dans des proportions quantifiables lors de la semaine de mesure de la mi-juin (Fig. 2).

En juin 2013 un pic de **folpel** a été détecté. Cette molécule est homologuée sur beaucoup de maladies fongiques de la vigne (ANNEXE VIII). Il est vendu en forte quantité

avec 21.9 tonnes par an en moyenne (Fig. 4). Lors du pic observé la concentration atteint 12.58 ng/m³ alors que cette molécule n'a été détectée à aucun autre moment en quantité quantifiable (Fig. 2). A cette période, le folpel pouvait être utilisé car la situation nécessitait un produit protégeant à la fois contre l'oïdium et le mildiou (Tab. 1). De plus, la semaine du 19 juin 2013 a été caractérisée par de fortes rafales de vent (CA du Bas-Rhin, 2013). Des traitements auraient pu être réalisés lors de rafales avec un vent en direction du préleveur. D'après le laboratoire MicroPolluants, le folpel est très réactif et se dégrade rapidement. Cela pourrait expliquer qu'il ne se retrouve quasiment pas. De plus, étant donnée la technique d'échantillonnage discontinue, il est possible de passer à côté de traitements.

La **trifloxystrobine** a été retrouvée en très faible concentration par rapport aux autres SA lors des semaines de mesure du 19 juin et du 3 juillet en 2013. Elle a été détectée beaucoup plus tard en 2014 lors de la semaine du 29 juillet en quantité non quantifiable (Fig. 2). Elle est vendue à 0.8 tonnes par an et détectée à 20% soit autant que la spiroxamine pourtant 3 fois plus vendue (Fig. 4).

Le **tébuconazole** n'a pas été détecté en 2013. En 2014, il a été retrouvé les semaines du 10 juin et du 17 juin (Fig. 2). C'est également un fongicide utilisable sur les céréales à paille. Il faisait partie des molécules les plus utilisées sur ces cultures en 2012 sur le captage d'eau de Kintzheim (Mabon et al., 2014). Il est vendu à hauteur de 3.6 tonnes par an en moyenne ce qui fait plus que le cymoxanil pourtant beaucoup plus retrouvé avec une fréquence de détection de 30% contre 10% (Fig. 4).

Le **chlorpyrifos-méthyl** est le seul insecticide détecté sur ce site. Il est autorisé pour lutter contre la tordeuse de la grappe et est vendu à moins d'une tonne par an (Fig. 4, ANNEXE VIII). Il a été détecté la semaine du 19 juin 2013 (Fig. 2) ce qui ne correspond pas à une période de traitement insecticide. De plus, à dire d'expert, cette SA n'est quasiment pas utilisée en Alsace sur la vigne à l'exception des plants de pépinière. Il peut éventuellement s'agir d'une molécule provenant d'une autre culture à proximité comme l'arboriculture.

Site d'Ohnenheim à tendance grandes cultures

En 2013, les mesures ont révélé : 5 herbicides et 4 fongicides dont deux retrouvés dans des concentrations trop faibles pour être quantifiées (folpel, diméthomorphe). En 2014, 5 herbicides et 2 insecticides ont été détectés ainsi que 2 fongicides dans des quantités non quantifiables (fenpropimorphe, cyprodinyl) (Fig. 3).

Les SA retrouvées sont toutes homologuées sur les cultures présentes dans un rayon d'un kilomètre autour du préleveur (relevé 2015) excepté pour le folpel (Tab. 2, ANNEXE VIII). Aucune molécule n'a été retrouvée dans l'air en quantité quantifiable lors de la semaine de mesure de la première semaine de juillet 2013 (Fig. 3).

Tableau 2 : Substances actives et cultures cibles sur la zone (Striebel, 2015)

Cultures homologuées	Maïs	Blé	Betterave	Soja	Orge	Arboriculture
Chlorothalonil		x			x	
Cyprodinil		x			x	
Diméthomorphe						
Fenpropimorphe		x			x	
Folpel						
Trifloxystrobine		x	x		x	x
Diméthénamide-p	x		x			
Pendiméthaline		x		x	x	x
Prosulfocarbe		x			x	
S-métolachlore	x		x	x		
Acétochlore	x					
Chlorpyrifos-éthyl	x	x			x	x
Cyhalothrine-lambda	x		x			x

Les herbicides sont les SA les plus utilisées en grandes cultures notamment sur maïs. Ce sont effectivement les plus retrouvées sur ce site dont certaines dans des concentrations plus élevées que pour le site viticole folpel mis à part (ANNEXE IX). Cet écart de concentration peut être lié à la proximité directe d'une parcelle à côté du préleveur.

Ils sont bien retrouvés lors des périodes de désherbage des cultures en place pour les mesures de fin avril à début juin en 2013 et 2014. Les SA retrouvées après cette date ne correspondent a priori à aucune des cultures présentes si l'on considère l'assolement 2015 (Tab. 2 et 3).

Tableau 3 : Risque maladie et ravageurs à dire du BSV et calendrier de désherbage à dire d'expert en fonction des semaines de mesure dans l'air sur les cultures présentes dans la zone (Striebel, 2015)

Semaines de mesure		Désherbage				Fongicides		Traitement pyrale
		Maïs	Blé	Betterave	Soja	Blé	Orge	Maïs
2013	23-avr	x	x	x	x		x	
	13-mai	x		x	x	x	x	
	22-mai	x		x	x	x		
	25-juin							
2014	13-mai	x		x	x	x		
	20-mai	x		x	x	x		
	17-juin				x			
	01-juil							x
	23-juil							

Les fortes quantités de **S-métolachlore** retrouvées peuvent correspondre à un désherbage du maïs, du soja ou de la betterave (Tab. 2 et 3). C'est la SA la plus vendue en Alsace hors soufre avec une moyenne de 74.5 tonnes par an. C'est également la plus retrouvée avec une fréquence de détection de 80% (Fig. 4). Elle a été retrouvée en 2013 dans des concentrations élevées par rapport aux autres SA : 6.66 ng/m³ pour la deuxième semaine de mesure et 3.29 ng/m³ pour la troisième. En 2014, les concentrations relevées étaient encore plus élevées lors des premières semaines de mesure au mois de mai : 14.23 ng/m³ et 7.83 ng/m³ (Fig. 2). Cette augmentation pourrait s'expliquer par le fait que le S-métolachlore aurait été utilisé pour remplacer l'acétolachlore, herbicide destiné au maïs interdit depuis juin 2013. L'**acétolachlore** a été retrouvé avec une fréquence de détection de 40%. C'était également une des molécules les plus vendues avec 40.1 tonnes vendues par an en moyenne (Fig. 4). De faibles quantités ont été retrouvées au printemps 2014 probablement dues à une utilisation abusive de « restes » des années précédentes (Fig. 3).

Le **pendiméthaline** est environ 10 fois moins vendu que le S-métolachlore. Cependant, sa fréquence de détection est de 60%, contre 80% pour le S-métolachlore (Fig. 4). Sa période de détection est bien corrélée avec l'époque de désherbage du soja pour les détections jusque début juin, il s'agit cependant d'un herbicide autorisé sur beaucoup de cultures différentes (Tab. 3 et ANNEXE VIII).

Le **DMTA-P** est vendu à 15.2 tonnes par an et est retrouvé avec une fréquence de détection de 35% (Fig. 4). Il est utilisé pour le désherbage du maïs et de la betterave, les périodes de détection sont corrélées avec les périodes de désherbage excepté pour la fin juillet 2014 (Tab. 3).

Le **prosofocarbe** se retrouve avec la même fréquence de détection que le DMTA-P de 35% (Fig. 4). Il est retrouvé en concentration notable lors de la première semaine de mesure en 2013 période de désherbage du blé et lors des deux premières semaines de mesure

de l'année 2014 qui ne correspondent pourtant à aucune période de désherbage des céréales à paille (Fig. 3 et Tab. 3).

Les fongicides sont retrouvés lors du prélèvement de la dernière semaine de juin 2013 dans des quantités faibles avec un maximum de 0.50ng/m³ pour la **trifloxystrobine** (Fig. 3). Le **chlorothalonil** et la **trifloxystrobine** sont des fongicides utilisés contre les maladies fongiques du blé et de la betterave (ANNEXE VIII). La période de détection ne peut pas correspondre avec une application de fongicide sur du blé mais pourrait être liée à un traitement de la betterave (Tab. 3).

Concernant les fongicides retrouvés dans des concentrations non quantifiables, ils ont été retrouvés fin juillet pour le **diméthomorphe**, le **folpel** et le **fenpropimorphe** et fin juin pour le **cyprodinil**. Ceci ne peut pas correspondre à des traitements sur des céréales à paille au niveau des dates et ces molécules ne sont pas homologuées sur la betterave (ANNEXE VIII). De plus, le folpel n'était pas homologué sur les grandes cultures en 2013 et 2014. Ces molécules pourraient venir de cultures plus lointaines, d'un phénomène de revolatilisation ou d'autres cultures présentes en 2013 et 2014 mais non recensées en 2015.

Deux insecticides homologués pour les traitements contre la pyrale du maïs ont été retrouvés fin juin 2014 alors qu'aucun n'avait été détecté en 2013: la **cyalothrine-lambda** et le **chlorpyrifos-éthyl** (Fig. 3 et ANNEXE VIII). La période de détection correspond aux périodes de traitement contre la pyrale du maïs (Tab. 3). Ces molécules ne sont détectées que sur ce site et sont vendues en faible quantité à hauteur de respectivement 0.5 et 0.6 tonnes par an en moyenne (Fig. 4).

Les SA retrouvées correspondent globalement aux cultures en place dans un rayon d'un kilomètre autour de la zone de mesure. Certaines pourraient cependant avoir d'autres origines soit plus lointaines soit de cultures non recensées. Les ventes et les fréquences de détection ne sont pas proportionnelles et de même pour les ventes et les concentrations détectées excepté pour le S-métolachlore qui est la molécule la plus vendue et la plus retrouvée. Les propriétés physico-chimiques de chaque SA pourraient jouer sur leur capacité à se retrouver dans l'air. Nous allons maintenant voir quelles sont les SA qui ont un risque de se volatiliser d'après le modèle I-phy et comparer ces notes aux SA retrouvées dans l'air.

4.2. Les substances actives à risque pour l'air d'après le modèle I-phy

4.2.1. Analyse globale

Onze SA étaient communes aux enquêtes sur les pratiques en viticulture et en grandes cultures. Elles présentent toutes des notes similaires quelle que soit la culture considérée (ANNEXE XII et XIII).

Notes des substances actives de l'enquête en viticulture

Concernant l'enquête sur les pratiques viticoles, les notes vont de 0.6 pour le fluazinam à 10. Sur les 67 SA analysées, 58 ont une note moyenne supérieure à 7 et ont donc un risque de volatilisation acceptable, et 31 ont une note de 10 et ont par conséquent un risque très faible de volatilisation (ANNEXE XI).

Neuf SA ont des notes inférieures à 7 et ont donc un risque de volatilisation non négligeable d'après I-phy. Il s'agit de 6 fongicides : fluazinam, spiroxamine, pyriméthanil, méfénoxam, cyprodinil, béalaxyl ; un insecticide : chlorpyrifos-méthyl et 2 herbicides : flumioxazine et thiocyanate d'ammonium (Tab. 4 et ANNEXE XI).

Tableau 4 : Notes de risque I-phy Air des molécules fongicides et insecticides de l'enquête viticole problématiques

Matières actives	Usage	Dose moyenne (g/ha)	Note enherbement sur tout les rangs	Note enherbement un rang sur deux	Note désherbage total	Note moyenne globale
fluazinam	Fongicide	750	0,6	0,6	0,6	0,6
spiroxamine	Fongicide	289	2,6	3	4,7	3,4
pyriméthanol	Fongicide	925,9	2,5	3,1	5	3,5
méfénoxam	Fongicide	92	3,2	3,7	5,4	4,1
chlorpyrifos-méthyl	Insecticide	54,1	4,2	4,6	6,1	5,0
cyprodinil	Fongicide	383,6	4,8	5,5	7,4	5,9
bénalaxyl	Fongicide	114,2	5,2	5,9	7,9	6,3

Lorsque que l'enherbement diminue, la note I-phy augmente et donc le risque de pertes vers l'air diminue (ANNEXE XI). Pour le pyriméthanol par exemple, la note passe du simple au double : elle est de 2.5 pour enherbement sur tous les rangs et de 5 pour un sol nu. Pour le fluazinam dont la note est la plus basse, cet effet n'est pas visible. Le cyprodinil et le bénalaxyl obtiennent des notes supérieures à 7 lorsque l'on calcule la note pour des vignes entièrement désherbées (Tab. 4). Si l'on considère la moyenne des notes selon l'enherbement, elle est de 8.7 lorsque l'on considère une parcelle enherbée, de 8.9 pour une parcelle enherbée un rang sur deux et de 9.3 pour une parcelle totalement désherbée (ANNEXE XII). Cela s'explique par le fait que la volatilisation est plus forte depuis les plantes que depuis le sol comme cela se retrouve dans les travaux présentés par Cellier (2005). Ces résultats tendraient à favoriser une stratégie de désherbage de prélevée qui minimiserait les risques de volatilisation même si l'on doit utiliser une dose plus élevée que pour un désherbage de post-levée (ANNEXE XVI).

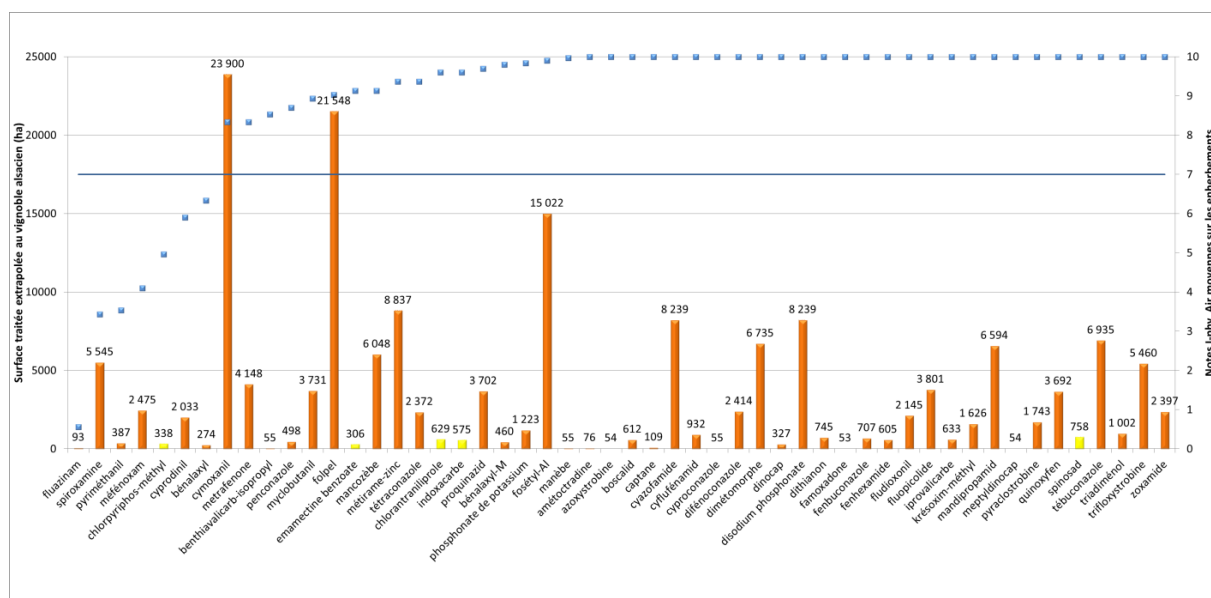


Fig. 5: Notes I-phy Air fongicides (orange) et insecticides (jaune) par surfaces traitées extrapolées au vignoble alsacien lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques viticoles 2013 (Striebel, 2015)

Une surface peut compter plusieurs traitements sur une même parcelle l'année de l'enquête. Les SA les plus utilisées en termes de surface à savoir, le cymoxanil, le folpel et le fosétyl-Al ont toutes des notes supérieures à 8 et n'ont donc pas un grand risque de volatilisation d'après I-phy. Les SA les plus problématiques sont la spiroxamine qui est

utilisée sur plus de 5 500 hectares et dont la note de risque est de 3.6 en moyenne, le méfénoxam et le cyprodinil utilisés sur plus de 2000 ha chacun et ayant des notes de risque moyennes de respectivement 4.1 et 6.9. Le fluazinam est la SA avec la plus mauvaise note, il n'est cependant utilisé que sur une surface inférieure à 100 hectares. De même le pyriméthanil, le chlorpyrifos-méthyl et le béalaxyl présentent un fort risque de volatilisation d'après I-phy mais sont utilisés sur des surfaces inférieures à 400 hectares chacun (Fig. 5).

Concernant les herbicides, le plus utilisé est le glyphosate qui présente un risque négligeable de volatilisation avec une note de 10. Le thiocyanate d'ammonium est utilisé sur une très petite surface de 71 hectares ce qui est relativement négligeable par rapport aux fongicides. La flumioxazine est utilisée sur 869 hectares. Elle est de plus utilisée uniquement sur le cavaillon et très souvent tôt dans l'année avec un pourcentage de couverture du sol presque nul puisqu'il s'agit d'un herbicide de prélevée. Dans ce dernier cas, sa note est de 6.1 (ANNEXE XIV).

Notes des substances actives de l'enquête en grandes cultures

Concernant l'enquête sur les pratiques en grandes cultures, les notes vont de 1.7 pour le dichlormide (molécule utilisée en association avec l'acétochlore, aujourd'hui interdit) à 10. Sur les 81 SA analysées 71 ont une note moyenne supérieure à 7 et donc un risque faible de volatilisation. Cinquante-huit ont la note minimale de 10 et ont donc un risque très faible de volatilisation d'après I-phy (ANNEXE XV).

Tableau 5 : Notes de risque I-phy Air des molécules de l'enquête en grandes cultures problématiques

Matières actives	Usage	Nombre d'utilisation dans l'enquête	Note I-phy moyenne par traitement	Valeur minimale de la note I-phy	Valeur maximale de la note I-phy
dichlormide	Herbicide	51	1,7	1,6	1,9
spiroxamine	Fongicide	15	2,8	1,9	3,5
fenpropimorphe	Fongicide	8	3,2	3,1	3,6
pendiméthaline	Herbicide	12	4,2	4,2	4,3
trinexapac-éthyl	Régulateur de croissance	2	4,5	3,9	5,1
éthéphon	Régulateur de croissance	7	4,9	4,2	5,9
S-métolachlore	Herbicide	140	5,2	3,3	6,8
bifénox	Herbicide	7	5,5	4,5	6,5
dimethenamid-p	Herbicide	43	6,5	5,6	7,6
prosulfocarbe	Herbicide	1	6,7	6,7	6,7
2,4-MCPA	Herbicide	29	7,0	4,7	8,8
clopyralid	Herbicide	17	7,3	4,9	9,1
dicamba	Herbicide	209	7,3	3,9	9,9
prochloraze	Fongicide	52	7,4	6,9	9,3

Quatorze SA ont des notes inférieures à 7 et présentent par conséquent des risques de volatilisation. Les notes moyennes pour ces molécules vont de 1.7 à 7.4. On observe également des grandes variations de notes pour une même molécule selon les modalités de traitement comme par exemple pour le dicamba dont les notes vont de 3.9 à 9.9 (Tab. 5). Ceci est dû aux variations de doses mais également au stade auquel le produit est appliqué. En effet dans le modèle I-phy, les SA ayant une forte pression de vapeur sont sensibles à la couverture du sol : plus elle est élevée, plus le risque de volatilisation est fort. Le dicamba obtient une note moyenne supérieure à 7 mais il a également obtenu une note minimale de 3.9. Pour cette molécule, ces notes correspondent à des traitements tardifs après la mi-juin et donc à des

traitements dirigés à forte dose sur les adventices or I-phy prend en compte le pourcentage de couverture de la culture. Elles ne sont donc pas représentatives de la réalité du traitement (Tab. 5).

Les molécules les plus utilisées, sur une surface supérieure à 3500 ha dans l'enquête ne posent pas de problème pour l'air d'après I-phy. Il s'agit de substances destinées au traitement du maïs : le nicosulfuron, la mésotrione (herbicides) et la cyperméthrine (insecticide) (Fig. 6 et ANNEXE XV).

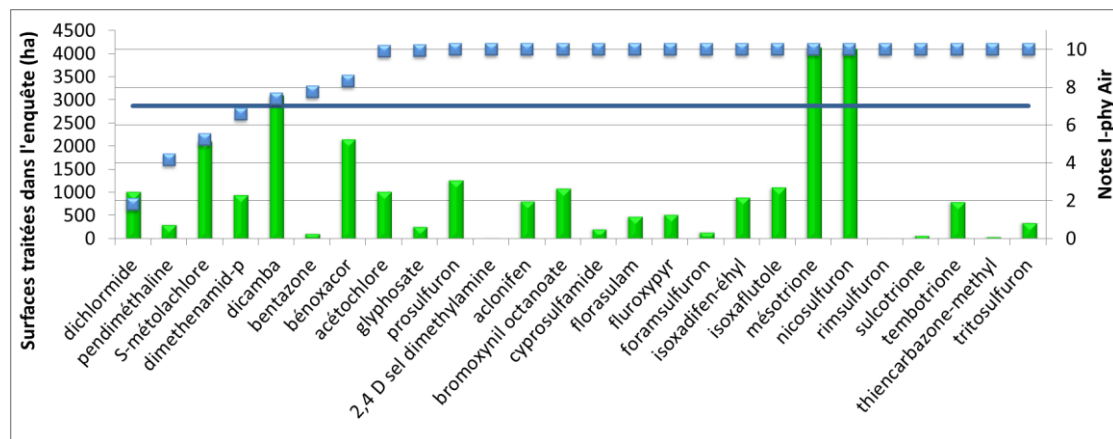


Fig. 6 : Notes I-phy Air par surface pour les traitements herbicides du maïs (Striebel, 2015)

Les herbicides maïs sont les SA les plus utilisées en termes de surface. Ce sont également les plus problématiques avec 4 sur 26 ayant une note I-phy moyenne inférieure à 7. Il s'agit du dichlormide, de la pendiméthaline, du DMTA-P et du S-métolachlore. Excepté pour le dichlormide ce sont tous des herbicides racinaires (ANNEXE VIII). Le S-métolachlore pose particulièrement problème car il est utilisé sur plus de 2000 ha (Fig. 6).

Les insecticides et les fongicides utilisés sur maïs dans l'enquête ne posent pas de problèmes pour l'air d'après I-phy puisqu'ils ont des notes moyennes toujours supérieures à 7 (ANNEXE XV).

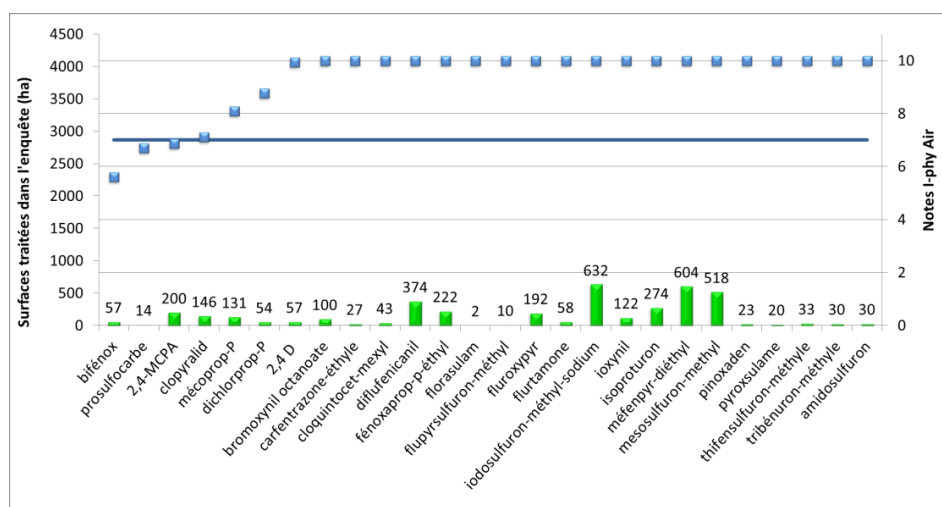


Fig. 7: Notes I-phy Air par surface pour les traitements herbicides du blé (Striebel, 2015)

Les herbicides et les fongicides utilisés sur le blé représentent une bien plus petite surface que pour le maïs. Trois herbicides utilisés sur le blé obtiennent une note inférieure à 7 : le bifénox, le prosulfocarbe et le 2.4-MCPA (Fig. 7). Le clopyralid obtient une note moyenne supérieure à 7 mais il a également obtenu des notes inférieures pour certains traitements (Tab. 5).

Pour les fongicides du blé, la spiroxamine et le fenpropimorphe, deux obtiennent une note moyenne inférieure à 4. Ils sont cependant utilisés sur moins de 100 hectares dans l'enquête (Fig. 8).

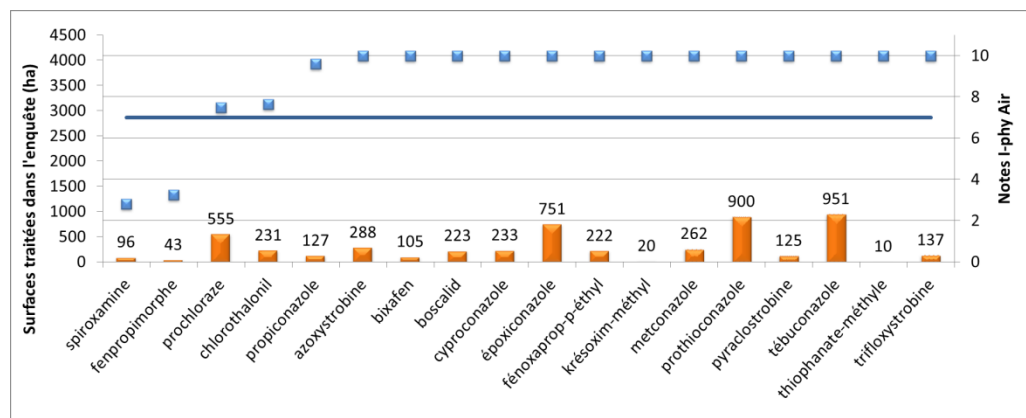


Fig. 8: Notes I-phy Air par surface pour les traitements fongicides du blé (Striebel, 2015)

Deux régulateurs de croissance, l'éthéphon et le trinexapac-éthyl ont obtenu des notes inférieures à 6. La surface sur laquelle ces molécules destinées au blé sont utilisées est cependant à relativiser par rapport à la surface traitée par des herbicides maïs à risque. Elle est respectivement de 139 et 18 hectares (ANNEXE XV).

Nous allons maintenant comparer les notes I-phy Air aux résultats des campagnes de mesure de l'ASPA.

4.2.2. Analyse des notes I-phy Air des molécules retrouvées dans l'air

Le **spiroxamine** obtient une des plus mauvaises notes I-phy des SA utilisées en viticulture avec une moyenne de 3.4 sur les 3 types d'enherbement considérés. Cette note est obtenue avec une dose proche de la dose homologuée (300 g/ha) (Tab. 4). En grandes cultures elle obtient une encore plus mauvaise note moyenne de 2.8 (Tab. 5). Elle se retrouve avec une fréquence de détection dans l'air de 20% et avec une concentration moyenne de 0.25 ng/m³ (Fig. 4). Cela montre bien qu'il s'agit d'une molécule très volatile.

Le **fenpropimorphe** obtient de très mauvaises notes avec une moyenne de 3.2 (Tab. 5). Cependant il n'est retrouvé qu'une seule fois et en quantité non quantifiable (Fig. 3).

Le **pendiméthaline** obtient une note moyenne de 4.2 (Tab. 5). C'est donc une molécule avec un fort risque de se retrouver dans l'air du fait de sa forte volatilité. Cela se confirme avec les résultats de l'ASPA puisqu'il est détecté à 60% alors qu'il n'est pas parmi les plus vendus (Fig. 4).

Le **chlorpyrifos-méthyl** obtient une note moyenne de 5 avec la dose de 337.5 g/ha correspondant à la dose homologuée (Tab. 4). Il est retrouvé une fois sur le site à tendance viticole avec une concentration de 0.7 ng/m³ (Fig. 2).

Le **cyprodinil** est caractérisé par une note moyenne de 5.9. Cette note est calculée avec une dose de 384 g/ha, la dose homologuée étant de 450 g/ha (Tab. 4). Il est retrouvé une fois

en quantité non quantifiable sur le site à tendance grandes cultures et une fois dans une concentration de 1.43 ng/m^3 sur le site à tendance viticole en 2014 (Fig. 2 et 3).

Le **S-métolachlore** obtient une note de risque moyenne de 5.2 (Tab. 5). La note est corrélée avec les résultats de la campagne de mesure de l'ASPA, en effet le S-métolachlore a une fréquence de détection de 80% et des concentrations dans l'air très fortes sur le site à tendance grandes cultures : jusqu'à 14.23 ng/m^3 en mai 2014 (Fig. 3). Sur le site à tendance viticole il est retrouvé à des concentrations plus faibles, avec une concentration maximale de 1.08 ng/m^3 en mai 2013 (Fig. 2). Il serait donc facilement sujet à la volatilisation. La forte fréquence de détection peut cependant être également due à la forte utilisation de cette SA.

Le **DMTA-P** obtient des notes variables entre 6.5 et 7.6 selon les doses utilisées et le pourcentage de couverture du sol (Tab. 5). Il a une fréquence de détection de 35% et est retrouvé 6 semaines de mesures sur 10 sur le site à tendance grandes cultures (Fig. 3 et 4).

Le **prosulfoarbe** n'est utilisé qu'une fois dans l'enquête grandes cultures et une seule note I-phy est donc disponible. Cette note a été calculée pour une dose équivalente à la dose homologuée de 3200 g/ha. Elle est de 6.7 ce qui en fait une SA dont le risque de volatilisation n'est pas négligeable d'après I-phy (Tab. 5). Le prosulfoarbe est retrouvé une fois en 2013 dans une concentration de 0.62 ng/m^3 et deux fois en 2014 dans des concentrations de 2.35 ng/m^3 et 1.63 ng/m^3 (Fig. 2). Sa fréquence de détection est de 35% (Fig. 4).

Si l'on compare par exemple la spiroxamine et le S-métolachlore, les fréquences de détection et les concentrations retrouvées ne sont pas proportionnelles aux notes de risque de volatilisation I-phy Air.

Certaines molécules comme le 2.4 MCPA, le clopyralid, le bifénox et le pyriméthanil ne sont pas retrouvées alors qu'elles ont de mauvaises notes I-phy (Tab. 5). Il faut cependant bien noter que ces molécules ont pu ne pas être épandues sur le site ou alors à une date hors-mesure expliquant ainsi le fait qu'on ne les retrouve pas.

D'autres obtiennent des notes de risques largement supérieures à 7 et se retrouvent tout de même dans l'air lors des mesures de l'ASPA. Il s'agit du cymoxanil, du folpel, du diméthomorphe, du krésoxim-méthyl, du tébuconazole, de la trifloxystrobine, du chlorothalonil, de l'acétochlore, de la cyhalothrine-lambda et du thiophanate-méthyl (ANNEXE XI et XIII). Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Le premier est que les traitements réalisés sur le site de mesure ont pu être effectués dans des conditions totalement différentes que dans le cas de l'enquête de l'ARAA et de l'AGRESTE avec par exemple des doses plus élevées et des conditions climatiques plus favorables à la volatilisation. Le deuxième facteur est que les préleveurs se trouvent à proximité directe de parcelles et peuvent donc intercepter des molécules issues de la dérive de pulvérisation.

Les résultats de ces notes de risque permettent de voir quelles sont les SA pour lesquelles il faut être particulièrement vigilant avec les conditions de traitement. Les résultats de l'ASPA nous montrent également que la dérive pourrait également jouer un rôle et que les SA se retrouvent bien dans l'air. Nous allons maintenant voir quelles sont les mesures envisageables pour limiter les pertes vers l'air et optimiser les traitements.

4.3. Leviers d'actions pour limiter la pollution de l'air

4.3.1. Facteurs de réduction de la dérive

Les leviers d'actions pour réduire la dérive peuvent être soit des mesures directes qui vont la réduire à la source soit des mesures indirectes qui vont empêcher la dérive vers des zones à risque comme des zones tampons ou des haies à proximité des eaux de surface. Dans le cadre

de ce travail, nous ne nous intéresserons qu'aux mesures directes car ce sont celles-ci qui vont empêcher la contamination de l'air.

4.3.1.1. Prise en compte des facteurs météorologiques

Le premier facteur météorologique qui va influencer la dérive est le vent. La limite réglementaire est fixée à 3 sur l'échelle de Beaufort soit 19km/h. Cependant même en dessous de cette vitesse, le vent a un impact sur la quantité de fines gouttelettes produites et sujettes à la dérive. Pour une bonne qualité d'application il est préférable de traiter avec un vent de vitesse faible à moyenne entre 0.5 et 3m/s soit entre 2 et 11km/h (Balsari et al., 2013).

L'humidité joue également un rôle puisqu'un temps sec va engendrer une évaporation plus rapide de l'eau de pulvérisation augmentant ainsi la quantité de fines gouttelettes. L'idéal est d'éviter les traitements par temps sec et d'avoir une hygrométrie supérieure à 60% par exemple en traitant le matin ou le soir (Balsari et al., 2013).

La température va retarder le dépôt des gouttes par effet thermique. Lorsqu'elle est plus élevée, le nuage de pulvérisation va être exposé plus longtemps à l'effet du vent et les pertes seront donc plus grandes (Balsari et al., 2013 ; De Luca et al., 2007). Une température moyenne entre 10 et 25°C serait idéale. Il est également recommandé d'éviter de traiter durant les soirées d'été chaudes et calmes où peuvent avoir lieu des phénomènes de convection qui augmentent le risque de dérive (Balsari et al., 2013).

4.3.1.2. Optimisation de la pulvérisation

Mesures propres à toutes les cultures

Le facteur le plus important pour le risque de dérive est la taille des gouttelettes. Plus les gouttelettes sont fines, plus le risque de dérive est élevé (De Luca et al., 2007). L'idéal est d'obtenir une bonne taille de gouttelettes en choisissant bien les buses utilisées. Dans les mêmes conditions, une buse de diamètre inférieur (<100µm) aura un pourcentage de dérive plus élevé qu'une buse de diamètre plus important (ARVALIS, 2015). Lorsque le risque de dérive augmente, soit par augmentation de la température ou augmentation du vent il est nécessaire d'utiliser des buses limitant la dérive.

La vitesse d'avancement joue un rôle très important sur la dérive. Une augmentation de la vitesse augmente la pression qui va diminuer le diamètre des gouttes voire dévier le jet vers l'arrière et entraîner des courants d'air ascendant et des tourbillons [13]. Dans tous les cas, la vitesse d'avancement est à ajuster au vent. Plus la vitesse du vent est élevée plus la vitesse d'avancement doit être faible. La pression de pulvérisation à utiliser est celle recommandée par le constructeur pour le type de buse utilisée (CORPEN, 2007). ARVALIS, Institut du Végétal propose un outil pour le choix des buses et le réglage des paramètres de pulvérisation qui peut s'avérer très utile [14].

Concernant le calibrage du pulvérisateur, il est essentiel pour traiter dans des conditions optimales. L'idéal est d'effectuer des tests de la qualité de pulvérisation à l'aide de papiers hydrosensibles ou de plantes tests. Ceux-ci peuvent ensuite être comparés à des papiers de références afin d'obtenir une pulvérisation optimale et d'éviter les gouttelettes trop fines sujettes à la dérive. La pulvérisation doit également être calibrée en fonction de la vitesse d'avancement qui peut varier selon les utilisateurs.

Des Techniques de Réduction de la Dérive de Pulvérisation (TRDP) homologuées sont inscrites au bulletin officiel du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

(MAAF) depuis mars 2015. Elles permettent un pourcentage de réduction de dérive significatif qui a été validé par des tests (Balsari et *al.*, 2013).

Mesures en viticulture

D'après les essais menés sur le banc de dérive EvaSprayViti constitué par une vigne artificielle les pertes sont plus élevées pour les stades plus jeunes (Hebrard et *al.*, 2013). En effet, la bouillie étant pulvérisée sur moins de feuillage, elle est pulvérisée dans l'air à perte. D'après le test de différents pulvérisateurs la pulvérisation se répartit sur sol-plante-air selon les pourcentages 40-20-40 pour les stades jeunes et 10-50-40 en pleine végétation dans les conditions de l'étude (Sinfort et *al.*, 2009). Il paraît donc indispensable d'optimiser la zone traitée en fermant les buses n'atteignant pas la culture pour les stades jeunes. De même pour les traitements insecticides ou contre la pourriture grise, seules les buses pulvérisant vers les grappes ont besoin d'être ouvertes.

En viticulture, il existe un grand nombre de pulvérisateurs différents. Les pulvérisateurs traitant au-dessus de la végétation, en uniface directe plusieurs rangs à la fois comme les canons pneumatiques oscillants, les turbines oscillantes ainsi que les voûtes assurant le traitement de plusieurs rangs en uniface sont des matériaux relativement anciens sensibles à la dérive et traitant de manière relativement hétérogène (Codis et *al.*, 2011 ; OPTIPULVE, 2010). Ce type de pulvérisation est donc à éviter au maximum. En Alsace ce sont plutôt des turbines oscillantes qui sont utilisées (Fig. 9). Celles-ci ont un risque de dérive élevé comme on peut le voir sur la figure 10. Les nouveaux systèmes traitant en face par face corrigent ce problème. Ils permettent une plus grande précision d'application comme confirmé dans l'étude OPTIPULVE (2010) visant à réduire les doses de produits phytosanitaire en améliorant l'application.



Fig. 9: Pulvérisateur porté à turbine oscillante (CARA, 2003)



Fig. 10: Dérive lors d'un traitement avec une turbine oscillante (CARA, 2015)

Mesures en grandes cultures



Fig. 11: Effet des buses bout de rampe (Striebel, 2015)

Le choix du pulvérisateur est un point clé. Un pulvérisateur avec un porte-buses multiple permet de pouvoir adapter la taille des gouttelettes en toute situation (Balsari et *al.*, 2013). Le choix de la rampe est également important. Il est préférable d'utiliser des systèmes de stabilisation de la rampe. En effet dans le cas contraire, la rampe peut avoir tendance à osciller avec les irrégularités du terrain et ainsi augmenter les risques de dérive (Cellier, 2005). L'utilisation de buses bout de rampe aux extrémités peut permettre de diminuer les pertes (Fig. 11).

La diminution de la hauteur de rampe permet de limiter l'emprise du vent. La hauteur maximale de pulvérisation est de 80 cm au-dessus du feuillage pour des buses à 80° et de 50 cm pour des buses à 110° (ARVALIS, 2015). Dans tous les cas, il ne faut pas pulvériser plus haut ou plus bas que les limites fixées par les fabricants.

L'utilisation de buses basse pression, à pastille de calibrage et à injection d'air induit une réduction significative de la dérive. Elle peut atteindre 50 à 90% pour les buses à injection d'air par rapport aux buses classiques (Balsari et *al.*, 2013). D'après les expérimentations d'ARVALIS (2015) celles-ci n'engendrent pas de diminution significative de l'efficacité si l'on garde un volume de bouillie adapté. Toujours d'après ARVALIS (2015), la meilleure solution technico-économique pour réduire la dérive est la buse à injection d'air (ANNEXE XVII).

Des adjuvants possèdent la mention « limitateur de dérive », certains ont été testés par ARVALIS (2015). Il en est ressorti que ces derniers pouvaient ne pas être efficaces avec certains produits. L'utilisation de tels adjuvants doit donc se raisonner au cas par cas. Dans tous les cas, les buses anti-dérive sont plus efficaces pour réduire la dérive.

4.3.2. Facteurs de réduction de la volatilisation

Différents facteurs jouent sur la volatilisation, à la fois au niveau des propriétés de la substance mais également au niveau des conditions pédoclimatiques et des pratiques culturales (Alix et *al.*, 2005; FOCUS, 2008).

4.3.2.1. Prise en compte des facteurs du sol et du feuillage

Une fois la SA déposée sur le sol, elle peut se retrouver adsorbée par celui-lui. Elle peut ensuite rester là où elle a été déposée, être transportée dans des couches plus profondes du sol ou encore être dégradée chimiquement ou biologiquement. Tous ces phénomènes vont dépendre des caractéristiques du sol (Van der Berg et *al.*, 1999; FOCUS, 2008). Jouer sur ces paramètres peut donc s'avérer bénéfique pour limiter la volatilisation. Ainsi doubler l'amendement du sol en matière organique peut réduire la volatilisation d'un facteur 2 en favorisant la dégradation des molécules (Marliere, 2001).

Le travail du sol peut également jouer un rôle en modifiant les conditions locales. Un mulch va par exemple intercepter les produits phytosanitaires (CORPEN, 2007). Les minéraux argileux peuvent intervenir dans l'adsorption des SA ioniques ou polaires (Bedos et *al.*, 2002).

Le pH du sol peut influencer la volatilisation pour les substances ayant un pKa en dessous de la valeur du pH du sol. En effet d'après les travaux de Van der Berg et *al.* (1999), la volatilisation des amines augmente avec un pH du sol plus élevé. Müller et *al.*, (1998) ont étudié l'influence du pH du sol sur la volatilisation du fenpropimorphe. Ils ont également pu montrer une forte augmentation de la volatilisation avec l'augmentation du pH.

La texture du sol a également une influence indirecte sur la volatilisation. Les sols sableux vont sécher plus rapidement que les sols limoneux engendrant une meilleure adsorption des molécules et une réduction de la volatilisation (Glotfelty et *al.*, 1984).

La volatilisation est plus forte depuis un couvert végétal mais peut cependant être limitée dans le cas de produits systémiques ou pénétrants. Ces derniers vont rentrer dans la plante par pénétration foliaire rapidement après l'application (Breeze et *al.*, 1992 ; Kirkwood, 1999). Plusieurs paramètres vont jouer sur la pénétration foliaire : les caractéristiques de la feuille et de la cuticule notamment qui elles-mêmes dépendent de l'essence considérée et de l'âge de la feuille en question (Leistra & Van den Berg, 1998). Plus la cuticule est fine et plus les composés hydrophiles sont adsorbés facilement (Lichiheb et *al.*, 2015 ; Satchivi et *al.*, 2000). C'est le cas notamment pour les jeunes feuilles. La mouillabilité des plantes va également fortement jouer. Une plante peu mouillable comme les graminées va limiter la rétention du produit sur ses feuilles et empêcher l'étalement des gouttes et donc la pénétration foliaire de la SA (ARVALIS, 2015). Ces paramètres sont donc à prendre en compte lors du traitement.

4.3.2.2. *Influence des conditions climatiques*

La température influe sur les propriétés chimiques des SA en augmentant leur pression de vapeur saturante (Lichiheb et *al.*, 2015) et donc leur volatilité. La vitesse du vent va également augmenter significativement la volatilisation (Marliere, 2001).

Plusieurs phénomènes dépendant des conditions météorologiques vont limiter la volatilisation en rendant le produit indisponible. Parmi ceux-ci il y a l'adsorption de la SA par les plantes pour les produits pénétrants et systémiques (Leistra & Van den Berg, 1998). Pour garantir une bonne efficacité et réduire la volatilisation, il est nécessaire de traiter dans des conditions optimales pour favoriser la pénétration foliaire de ce type de produits. Ces conditions sont un « temps poussant » avec une bonne humidité d'au moins 60% et une température comprise entre 8 et 20°C qui perdure 8 jours après le traitement. L'humidité va permettre de limiter le dessèchement de la goutte et va favoriser la pénétration cuticulaire en maintenant la bouillie en phase liquide et la cuticule dilatée. Les applications tôt le matin ou tard le soir permettent la plupart du temps de travailler dans de bonnes conditions.

Chaque produit phytosanitaire a cependant besoin d'une hygrométrie différente selon son mode d'action. Une température trop élevée peut favoriser l'évaporation de la bouillie et limiter la pénétration du produit dans la plante pour les produits systémiques ou pénétrants (ARVALIS, 2015). L'idéal est d'éviter les interventions aux heures chaudes de la journée (température supérieure à 25°C). Cependant, l'augmentation de la température va favoriser la diffusion des produits phytosanitaires liposolubles et donc ainsi limiter la volatilisation (Scalla, 1991).

La volatilisation d'une SA peut également être limitée par adsorption par le sol (Marliere, 2001). L'assèchement de la surface du sol augmente l'adsorption du composé par déplacement d'équilibre entre la phase dissoute dans l'eau du sol et la phase gazeuse (Bedos et *al.*, 2009). Ce phénomène est réversible et la volatilisation peut reprendre après réhumidification dans la limite où elle n'entraîne pas un lessivage des produits (Rice et *al.*, 2002). Ainsi pour les sols desséchés, la volatilisation maximale a lieu tôt le matin ou en soirée lorsqu'il y a formation de rosée ou lors de pluies ou d'irrigations (Bedos et *al.*, 2002). Il semblerait cependant que des «résidus liés» pourraient se former et ainsi limiter la reprise de la volatilisation (CORPEN, 2007). D'après les études menées par Marliere (2001) une température du sol de 2 à 10°C plus fraîche peut réduire la volatilisation d'un facteur de 2 à 4. L'influence de la teneur en eau du sol et l'effet couplé température/teneur en eau sont cependant très complexes (Cellier, 2005).

La lumière quant à elle va contribuer à la photodégradation de la SA juste après son application (Katagi, 2004). Le rayonnement solaire va agir comme source d'énergie pour briser les liaisons chimiques dans les molécules (Lichiheb et *al.*, 2015). Ceci va cependant donner naissance à de nouvelles molécules que l'on peut appeler photo-produits ou métabolites qui seront susceptibles de se volatiliser à leur tour.

4.3.2.3. *Influence des propriétés de la SA et de la formulation du produit commercial*

Chaque SA a une volatilité qui lui est propre. La volatilisation est donc fonction de chaque molécule. La formulation des produits commerciaux peut cependant fortement impacter sur leur devenir après l'application et leur comportement dans l'air (De Ruiter et *al.*, 2003).

Des sociétés fabriquant des produits phytosanitaires tentent de réaliser des produits les moins volatilisables possibles en adaptant la formulation de leurs produits (Kullman, 2014). La formulation va influencer sur la distribution du spray sur les feuilles qui va déterminer la surface de contact avec l'air. Les adjuvants contenus dans le produit vont parfois également favoriser la pénétration dans la plante (Leistra & Van den Berg, 1998). Wang et Liu (2007) ont montré que la pénétration foliaire était corrélée négativement avec le poids moléculaire du produit. La formulation du produit peut également jouer sur la photodégradation qu'elle peut favoriser (Lavielle, 2008). La concentration de SA peut également jouer un rôle. Lavielle et *al.*, (2009) ont montré que dans le cas de la mésotrione formulée, à partir d'un certain seuil plus la concentration est élevée, plus la photodégradation est rapide.

4.3.2.4. *Optimisation de la pulvérisation*

La qualité de pulvérisation sera déterminante pour la pénétration des produits systémique et pénétrant. Pour limiter au maximum la volatilisation, il faut optimiser la pulvérisation. La taille des gouttes, la pression de pulvérisation lors de l'épandage et le volume d'eau utilisé dans la bouillie vont influencer sur la répartition du produit sur les feuilles et donc sur sa pénétration dans la plante (FOCUS, 2008 ; Lichiheb et *al.*, 2015). D'après Scalla (1991) l'augmentation du volume de pulvérisation favorise la pénétration foliaire en favorisant l'interception du produit phytosanitaire par le couvert végétal.

L'utilisation d'adjuvants peut être intéressante dans le cas d'application de produits sur des plantes peu mouillables comme les graminées. Ils vont permettre notamment d'améliorer la tenue des gouttelettes sur le feuillage, de favoriser leur fixation, de ralentir leur dessiccation et dans certains cas d'améliorer la pénétration du produit dans la feuille (ARVALIS, 2015).

4.3.2.5. *Modélisation et outils d'aide à la décision*

Les pertes par volatilisation sont très difficiles à mesurer sur le terrain car elles dépendent de nombreux facteurs et nécessitent de gros moyens comme l'ont montré Briand et *al.* (2001). Elles peuvent cependant être simulées à l'aide de modèles.

Des modèles mathématiques permettent d'estimer les flux de transfert de SA vers l'air depuis les surfaces traitées. Ils peuvent être couplés à des modèles de diffusion et de dépôts pour estimer les niveaux de contamination de l'air par rapport à l'éloignement de la source (Briand et *al.*, 2001). Certains modèles sont spécifiques de la volatilisation depuis la plante :

- Plant X (Trapp et *al.*, 1994);
- Cemos-Plant (Trapp & Matthies, 1997) ;
- SURFATM-Pesticides (Lichiheb et *al.*, 2014).

D'autres sont spécifiques de la volatilisation depuis un sol nu :

- Volt'Air (Bedos et *al.*, 2009 ; Garcia et *al.*, 2011) ;
- BAM (Jury et *al.*, 1983).

D'autres modélisent la volatilisation depuis la plante et le sol :

- PEM (Scholtz et *al.*, 2002a,b);
- PEARL (Leistra et *al.*, 2001).

La modélisation de la volatilisation permet par la suite de créer des indicateurs de risques de transfert des molécules vers l'air (Devillers et *al.*, 2005). Ces indicateurs ont des échelles

très variables : de la parcelle à l'échelle nationale ou régionale. Leur utilisation peut permettre d'estimer les risques de volatilisation et d'adapter les pratiques en fonction.

4.4. Les techniques à développer

Utilisation de panneaux récupérateurs en viticulture

D'après le MAAF, les panneaux récupérateurs sont « des équipements du pulvérisateur situés sous le système de pulvérisation et dont la finalité est de confiner celle-ci et de récupérer les particules qui n'atteignent pas le végétal» [15]. Leur effet a été prouvé par des expérimentations. Ils ont obtenu des résultats très intéressants, en effet jusqu'à 40% de la bouillie étaient récupérés et les pertes étaient de -88% sur le sol et -66% dans l'air (Fig. 12 et ANNEXE XVIII) (Davy, 2013).



Fig. 12: Détail d'un panneau récupérateur (DHUGUES)

Utilisation d'assistance d'air en grandes cultures

Les systèmes de rampe avec assistance d'air permettent d'empêcher toute dérive grâce à un rideau d'air qui va guider le produit et même les fines gouttelettes sur la culture ou le sol (Fig. 13) [16]. Cette technique permet d'économiser jusqu'à 30% du dosage en limitant le phénomène de dérive. Le volume d'application peut-être divisé par deux et la vitesse de travail peut être augmentée sans accentuer le risque de dérive. Une pulvérisation à assistance d'air avec un vent de 8,5 m/s est aussi sécurisante qu'une pulvérisation conventionnelle dans des conditions optimales de traitement (1,5 m/s) (Attard & Klinghammer, 2015).



Fig. 13: Efficacité du système de flux d'air twin (HARDI)

Les bonnes pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires vont toutes dans le sens d'une réduction des pertes vers l'air et vers une amélioration de l'efficacité. Cette problématique reste cependant émergente. Les résultats obtenus ne sont pour le moment qu'une prémice des connaissances des produits phytosanitaires dans l'air et des leviers d'actions pour les limiter. Les résultats trouvés comportent de plus quelques limites.

5. Discussion

5.1. Limites des résultats des mesures dans l'air

La méthode de prélèvement discontinue donne une idée globale des SA dans l'air. Il est cependant possible de passer à côté de nombreuses molécules et de périodes de traitement. C'est par exemple le cas de la semaine de mesure du 3 juillet 2013 sur le site 2013 où aucune substance n'a été détectée. Cette méthode ne permet pas non plus de connaître l'origine de la dissémination des SA : dérive ou volatilisation. Cela pourrait expliquer que l'on retrouve des molécules ayant de bonnes notes I-phy.

Les interprétations sont basées sur la pression sanitaire aux dates de mesure car les pratiques de traitement ne sont pas connues. Les SA retrouvées peuvent de plus venir d'une distance supérieure à la zone d'un kilomètre autour du préleveur. Elles pourraient également provenir des traitements réalisés par des particuliers. L'assolement considéré est celui de 2015 pour l'interprétation des résultats 2013 et 2014. Même si l'on peut supposer qu'il reste similaire des variations sont possibles selon les années.

Les concentrations retrouvées sont très faibles, de l'ordre du ng/m^3 . Etant donné qu'il n'existe pas de norme ni de seuil de toxicité pour une exposition à long terme, il reste

impossible d'évaluer ces concentrations et de juger si elles sont faibles ou importantes. Il est tout de même à noter qu'elles restent très éloignées des seuils de toxicité aiguë par inhalation.

5.2. Limites des notes de risque I-phy

La note I-phy Air prend en compte un nombre de paramètres limités. D'autres paramètres comme le temps de demi-vie, le mode d'action ou encore la formulation du produit pourraient être intéressants. Chaque type de sol a également un K_{oc} différent qui détermine la rétention du produit par le sol. Ce paramètre est pris en compte dans I-phy Eau et pourrait être considéré dans le cas de I-phy Air. Cette note ne tient pas non plus compte des paramètres météorologiques. Or la volatilisation du produit est soumise aux variations de température. I-phy donne donc une note de risque aux alentours de 20°C, cette note est à nuancer avec la température : plus elle est élevée plus le risque de volatilisation augmente et inversement.

Pour les grandes cultures I-phy calcule le pourcentage de couverture à partir de la date de semis et de la date de traitement. Plus elles sont éloignées, plus le pourcentage de couverture est grand. Celui-ci dépend également de la culture. Ceci ne prend pas en compte les retards de croissance liés à la météo par exemple ni le recouvrement du sol par les adventices. Il est également possible qu'un traitement soit fait de manière dirigée sur les adventices. Il est donc réalisé sur un sol beaucoup moins couvert comme dans l'exemple du dicamba.

Pour la viticulture, I-phy prend en compte l'enherbement or le produit est pulvérisé sur la vigne en priorité même s'il peut se retrouver sur le sol. Dans le cas d'utilisation de panneaux récupérateurs, cette note ne serait plus pertinente. De plus, elle ne prend pas en compte la hauteur de végétation et son stade qui sont pourtant des paramètres très importants.

La note de risque I-phy est calculée pour une SA seule or les produits formulés ont des comportements totalement différents du fait des différents adjuvants présents.

5.3. Limites pour l'application des bonnes pratiques

5.3.1. Limites techniques

Les herbicides racinaires sont quasiment tous des SA à fort risque de volatilisation. Ils seraient donc difficilement substituables dans le cas où l'on voudrait éviter les molécules à risque pour l'air.

Un aspect financier est également à considérer concernant l'utilisation de matériel comme les panneaux récupérateurs ou les systèmes de flux d'air. En effet ces technologies sont onéreuses et le retour sur investissement peut être long. Des aides financières à l'achat ou l'achat en copropriété ou en coopérative pourraient s'avérer intéressantes.

Au niveau de l'utilisation de panneaux récupérateurs dans les vignes alsaciennes, cela pose des problèmes pratiques. En effet, ils ne sont pas forcément adéquats dans les zones à fortes pentes. De plus le fait que les vignes soient hautes est également problématique. Enfin, ce matériel est difficilement adaptable dans les vignobles avec un inter-rang inférieur à 1.5m.

5.3.2. Contradiction avec les mesures de protection des eaux souterraines

L'enquête sur les pratiques Agri-Mieux concernait l'estimation des risques pour les eaux souterraines. Certaines SA ne présentent que peu de risques pour l'air d'après I-phy mais ont un fort risque de transfert vers les eaux souterraines. Il s'agit : du 2,4-MCPA, de l'isoproturon, du mecoprop-P et du bentazone (ANNEXE XIX). Cela pose un problème au niveau du choix des SA et demande une réflexion préalable sur les préconisations à faire. De même au niveau de la stratégie de désherbage, il est recommandé de traiter en post-levée pour préserver les eaux souterraines tandis qu'il est préférable de traiter en prélevée pour l'air.

Au niveau de l'enherbement en vigne, si l'on considère que du produit est perdu par dérive sur l'enherbement, il serait préférable de traiter sur sol nu. Or ceci n'est pas envisageable d'un point de vue agronomique, environnemental et pour la protection des eaux souterraines. De plus, si l'on réduit la dérive au maximum par exemple en utilisant des panneaux récupérateurs ce problème ne se pose plus.

5.4. Les perspectives de travail

5.4.1. Amélioration des campagnes de mesure

Des mesures en continu ainsi que la connaissance des pratiques de traitement alentours pourraient permettre de mieux connaître l'origine des SA retrouvées dans l'air. L'emplacement du préleveur serait également à revoir étant donné qu'il se trouve dans les deux cas à proximité d'une parcelle. Il est donc possible que des substances issues de la dérive de pulvérisation soient interceptées en particulier pour le site à tendance grandes cultures où le préleveur se trouve à quelques mètres d'une parcelle.

D'après les travaux de Cellier (2005), les prélèvements hebdomadaires ne permettent pas de voir l'impact des périodes de traitements phytosanitaires sur les concentrations relevées. Des mesures complémentaires aux campagnes de prélèvements sur un pas de temps plus court de l'ordre de la journée pourraient s'avérer intéressantes.

Une mutualisation des mesures dans l'air avec les enquêtes menées sur les périmètres de captage d'eau pourraient permettre d'avoir accès à des calendriers de traitement dans la zone mesurée notamment pour le site de Kintzheim.

5.4.2. Amélioration des pratiques agricoles et sensibilisation

La sensibilisation des agriculteurs aux risques des pertes de produits phytosanitaires vers l'air est un des leviers de l'amélioration des pratiques. Elle passe par des communications comme la brochure réalisée à destination des agriculteurs alsaciens réalisée pour la CARA suite à cette étude et dont les prototypes sont disponibles en ANNEXE XX et XXI. Elle se fait également grâce à des démonstrations de matériels innovants ou de l'impact de bonnes pratiques avec les fermes *DEPHY*. Un stage concernant l'adaptation de techniques de réduction des pertes vers l'air en viticulture en Alsace est en cours à la CARA. Des essais de panneaux récupérateurs sont également prévus et pourraient permettre de voir si leur utilisation est possible au moins dans une partie du vignoble et de sensibiliser ainsi les viticulteurs à leur usage.

En viticulture, le point à privilégier est la réduction de la dérive. Il s'agit du levier d'action pour la réduction des pertes vers l'air qui est actuellement le plus envisageable. Il est en lien avec le respect des bonnes pratiques de traitement, le bon réglage du pulvérisateur ainsi que l'utilisation de techniques de réduction de la dérive. Un compromis peut être trouvé en utilisant du matériel comme les panneaux récupérateurs sur les parcelles où cela est possible et un pulvérisateur classique sur le reste du vignoble.

Une amélioration des connaissances est également primordiale. Elle passe par la poursuite des campagnes de mesure de l'ASPA et la mutualisation des connaissances avec d'autres régions. Celle-ci reste compliquée étant donné les différences géographiques, climatiques et culturelles et doit se faire avec précaution.

Une amélioration des propriétés des produits phytosanitaires par les firmes et des tests préalables est également un moyen de réduire les pertes vers l'air.

Conclusion

La volatilisation et la dérive sont à la base du transfert de produits phytosanitaires dans l'air. Ce sont deux phénomènes complexes dépendants de nombreux facteurs. On peut cependant facilement en réduire l'ampleur en respectant de bonnes pratiques de traitement.

La plupart des SA détectées lors des campagnes de mesure de l'ASPA sont cohérentes avec des traitements sur les cultures présentes. Sur le site à tendance viticole on retrouve en majeure partie des fongicides. Sur le site à tendance grandes cultures ce sont les herbicides qui sont prédominants. Cela est pertinent avec l'itinéraire cultural de ces cultures. Certaines SA non homologuées sur les cultures caractéristiques de la zone ont également été retrouvées. C'est le cas par exemple du folpel détecté sur le site à tendance grandes cultures. Celles-ci pourraient venir de plus loin que le rayon d'un kilomètre considéré. Elles pourraient également avoir pour origine des cultures non recensées en 2015 et présentes l'année de mesure. Si l'on considère les ventes de SA en Alsace, elles ne sont en rien proportionnelles aux concentrations des molécules retrouvées dans l'air ni à leur fréquences de détection. Ceci n'est cependant pas valable pour le S-métolachlore qui est la molécule la plus vendue et la plus retrouvée. Les propriétés de chaque molécule et celles de la formulation du produit commercial influent fortement sur la probabilité qu'elles ont de se retrouver dans l'air. Certaines SA avec un faible risque de volatilisation d'après I-Phy Air se retrouvent tout de même dans l'air. Ces molécules pourraient donc avoir subi de la dérive.

La dérive est le point le plus facile à limiter. Pour cela, il est nécessaire de traiter dans les meilleures conditions météorologiques possibles et d'optimiser la qualité de pulvérisation. La volatilisation peut être diminuée en traitant dans de bonnes conditions climatiques perdurant après le traitement. La réduction de ce dernier phénomène est également du ressort des firmes phytopharmaceutiques qui cherchent à créer les produits les plus performants possibles tant d'un point de vue agronomique que d'un point de vue environnemental.

Cette synthèse traite uniquement des transferts de SA dans l'atmosphère tels quels. Ces molécules ont cependant des durées de vie pouvant aller de quelques jours à quelques années. Elles peuvent également se déplacer dans l'atmosphère sur de très longues distances de l'ordre du millier de kilomètres (Panic, 2003). De plus lorsqu'elles se dégradent dans le sol ou dans l'atmosphère, elles donnent naissance à des produits de dégradation. Ces derniers peuvent être aussi toxiques voir plus toxiques que la molécule d'origine (De Luca et *al.*, 2007).

Bibliographie

- AIRPARIF** (2007). Evaluation des concentrations en pesticides dans l'air francilien : Campagne exploratoire. AIRPARIF, Juin 2007, 54 p. [En ligne] URL : http://www.airparif.asso.fr/_pdf/publications/pesticides-0706.pdf (Consulté le 2/06/2015)
- AGRESTE** (2010). Enquête pratiques phytosanitaires en viticulture. [En ligne] URL : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/pratiques-cultureles/viticulture-565/> (Consulté le 2/06/2015).
- AGRESTE** (2014). AGRESTE Alsace, Analyses et résultats. Un désherbage mécanique sur vigne qui progresse au-delà des producteurs bio. SRISE Alsace, numéro 27, octobre 2014, 4 p.
- Alix A., Barriuso E., Bedos C., Bonicelli B., Caquet T., Dubus I., Gascuel C., Gril J.-J., Voltz M.** (2005). Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Chapitre 3 : Devenir des pesticides dans l'environnement et impacts biologiques (hors santé humaine), Expertise scientifique collective. INRA Cemagref, décembre 2005, 219 p.
- ANSES** (2010). Recommandations et perspectives pour une surveillance nationale de la contamination de l'air par les pesticides. Synthèse et recommandations du comité d'orientation et de prospective scientifique de l'observatoire des résidus de pesticides (ORP). Rapport scientifique. ANSES, octobre 2010, 48 p.
- ANSES** (2015). Lignes directrices pour la délivrance des décisions relatives à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et adjuvants, 21 p. [En ligne] URL : https://www.anses.fr/fr/system/files/LIGNES_DIRECTRICES_PPP_15-07-01.pdf (Consulté le 4/08/2015)
- ARVALIS** (2015). Pulvérisation, techniques et conditions d'applications des produits phytosanitaires. Formation inter-entreprises du 10 février 2015, Benjamin Perriot, ARVALIS-Institut du végétal, Le Chaumoy (19), 31 p.
- ASPA** (2015). Dossier « Produits phytosanitaires », vers une réduction concertée. Report'Air d'Alsace, février 2015, N° 40, pp. 3-7
- ATMO-France** (2006). Contamination de l'air par les pesticides : nouvelle composante de la pollution de l'air. Bilan des mesures réalisées par les AASQA : Lig'Air, Air Pays de Loire, Atmo Auvergne, Air Breizh, Atmo Champagne Ardenne, Atmo Poitou Charentes, Oramip. Magazine ATMO-France, 2006, pp. 36-41. [En ligne] URL : http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/upload/bibliotheque/735640767039620352890835767325/LCSQA_nouvelle_composante_pollution_air_2006.pdf (Consulté le 2/06/2015)
- Attard J., Klinghammer A.** (2015). Comprendre et réduire les émissions des produits phytosanitaires. In : Entre Terre et Air, colloque : Agriculture et qualité de l'air en Alsace, Sainte-Croix-en-Plaine, 12 février 2015, 54 p.
- Balsari P., Marucco P., Doruchowski G., Ophoff H., Roettele M.** (2013). Guide des Bonnes Pratiques pour la limitation de la dérive de pulvérisation, TOPPS PROWADIS, IFV, 31 p.
- Bedos C., Cellier P., Calvet R., Barriuso E., Gabrielle B.** (2002). Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview. Agronomie 22 © INRA, EDP Sciences. pp. 21-33.

- Bedos C., Générmont S., Le Cadre E.** (2009). Modelling pesticides volatilization after soil application using the mechanistic model Volt'Air. *Atmos. Environ*, n° 43, pp. 3630-3639.
- Bockstaller C.** (2011). Conception et mise en œuvre d'un indicateur d'évaluation des risques des produits phytosanitaires sur la qualité de l'eau (CRIQUE): Rapport final. ONEMA-INRA, Paris, 27 p.
- Bockstaller C., Wohlfahrt J., Huber A., Hennebert P., Zahm F., Vernier F., Keichinger O., Girardin P.** (2008). Les indicateurs de risque de transfert de produits phytosanitaires et leur validation: exemple de l'indicateur I-PHY. *Ingénieries* n°86, pp.103-114.
- Bonet E., Caboulet D., Guisset M., Thiery J.** (2014). Le coût des fournitures en viticulture et œnologie 2014 - Evolutions techniques et réglementaires. Chambre d'Agriculture des Pyrénées Orientales, 119 p.
- Bourdin S., Distel A., Geisert N., Lemot A., Orth D., Wilmes C.** (2013). Une agriculture alsacienne aux multiples visages. *Agreste Alsace*, Dossier numéro 3, janvier 2014, 95p.
- Breeze V., Simmons J., Roberts M.** (1992). Evaporation and uptake of the herbicide 2,4-D-Butyl applied to barley leaves. *Pesticides Science*, n° 36, pp. 101-107.
- Briand O., Bertrand F., Millet M., Seux R.** (2001). Etude expérimentale des transferts sol-air de pesticides à l'échelle d'une parcelle. Utilité de déterminer des flux de volatilisation. *Ingénieries N° Spécial Phytosanitaires, Congrès du Groupe français des produits phytosanitaires, N°31*, pp. 67-71
- CA du Bas-Rhin** (2013). Progrès et réalité : le référentiel technico-économique de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin. CA du Bas-Rhin décembre 2013, 44 p.
- CA du Bas-Rhin** (2014). Progrès et réalité : le référentiel technico-économique de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin. CA du Bas-Rhin décembre 2014, 45 p.
- Cellier, P.** (2005). Transfert de pesticides vers l'atmosphère par dérive et volatilisation de post-application. Implications pour le bilan environnemental d'une culture, la contamination de l'atmosphère et l'exposition de l'humain. In: *Produits phytosanitaires: comment réduire les risques associés ?* (pp. 35-42). Presented at Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires, Avignon (France) (2005-11-14 - 2005-11-16). Paris (France) : Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
- Codis S., Bos C., Lauren S.** (2011). Réduction de la dérive, 8 matériels testés sur vigne- Essais de terrain en vignes étroites pour évaluer comment huit matériels (appareil/technologie/configuration/diffuseurs) réduisent la dérive par rapport à un pulvérisateur de «référence». *Dossier cultures spécialisées, Phytoma - La Défense des Végétaux N° 640* janvier 2011. 5p.
- Codis S., Davy A., Montegano P., Raynal M., Verges A., Bonicel J-F, Diouloufet G., Douzals J-P., Hebrard O., Leroy G., Ribeyrolles X., Ruelle B.** (2013). Projet ECOSPRAYVITI, Optimisation de la pulvérisation en viticulture. Journée Technique Ecophyto sur la pulvérisation viticole, Montpellier - 5 novembre 2013, 4 p.
- CORPEN** (2007). Groupe AIR'PHYT, Les produits phytosanitaires dans l'air: origine, surveillance et recommandations pratiques en agriculture, 121p. [En ligne] URL : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_phytos_dans_air_08.pdf (Consulté le 6/04/2015)
- Davy A.** (2013). Réduire les intrants, que peut-on attendre de panneaux récupérateurs ? Vinopôle Bordeaux-Aquitaine, IFV. [En ligne] URL :

http://www.vinopole.com/fileadmin/user_upload/fichiers_vinopole/Environnement/Agro-ecologie/pulverisation_confinee.pdf (Consulté le 6/05/2015) 6 p.

De Luca M., Vallet A., Borghi R. (2007). Contribution à la modélisation de la pulvérisation d'un liquide phytosanitaire en vue de réduire les pollutions. Journées interdisciplinaires sur la qualité de l'Air, janvier 2007, Villeneuve d'Ascq (France), HAL-00468533, 10 p.

De Ruiter D., Holterman H., Kempenaar C., Zande J. (2003). Influence of adjuvants and formulations on the emission of pesticides to the atmosphere: a literature study for the Dutch Research Programme Pesticides and the Environment (DWK) theme C-2. Wageningen: Plant Research International, 2003 (PRI Rapport 59), 42 p.

Devillers J., Farret R., Girardin P., Rivière J-L., Soulas G. (2005). Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 278 p.

DREAL (2014). Alsace Santé Environnement 2e Plan régional 2011>2015 : Des actions concrètes pour la prévention des risques sanitaires liés à l'environnement.[En ligne] : <http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/le-deuxieme-plan-regional-sante-a504.html> (Consulté le 6/05/2015) 25 p.

DREAL (2015). Plan Régional Santé Environnement (PRSE) Alsace. In : Entre Terre et Air, colloque : Agriculture et qualité de l'air en Alsace, Sainte-Croix-en-Plaine (France), 12 février 2015, 6 p.

Ecophyto (2015). Les nouvelles orientations du plan. [En ligne] http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/1501-PA-ECOPHYTO-DEP-planV2-BD_cle04afe5.pdf (Consulté le 10/06/2015) 12 p.

FOCUS (2008). Pesticides in the Air : Considerations for Exposure Assessment , Report of the FOCUS Working Group in Pesticides in Air. EC Document Reference : SANCO/10553/2006, Rev. 2 June 2008, 327 p.

Galais J-L., Gassmann B., Lannuzel F., Meyer F., Strehler J-F., Weissenberger A. (2013). Itinéraire technique du maïs, du sorgho et du soja- Préconisations 2014 (Mode de conduite conventionnel et bio). CARA, décembre 2013, 67 p.

Garcia L., Bedos C., Genermont S. (2011). Assessing the ability of mechanistic volatilization models to simulate soil surface conditions: a study with the Volt'Air model. *Sci Total Environ*, n° 409, pp. 3980-3992.

Glotfelty D., Taylor A., Turner B., Zoller W. (1984). Volatilization of surface applied pesticides from fallow soil. *J. Agric. Food Chem.*, 32, pp.638-643

Gouzy, A., Farret, R. (2005). Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation. Synthèse du comité de pilotage. INERIS, Verneuil en Halatte, 141 p.

Guth J., Reischmann F., Allen, R. (2004). Volatilization of crop protection chemicals from crop and soil surfaces under controlled conditions – Prediction of volatile losses from physico-chemical properties. *Chemosphere*, n° 57, pp. 871-887.

Hebrard O., Codis S., Davy A., Raynal M., Douzals J-P., Ruelle B., De Rudnicky V., Bonicel J-F. (2013). Optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture : Etats des lieux et perspectives, IFV. MatéVi Banque de données des matériels viti-vinicoles, Lettre actualités n° 63 –septembre 2013, 6 p.

- Jansma J., Linders J.** (1995). Volatilization of Pesticides from soil and plants after spraying. National Institute of Public Health and Environmental protection, Bithoven (Pays-Bas), report n°679102030, 45 p.
- Jury W., Spencer W., Farmer W.** (1983). Behavior Assessment Model for Trace Organics in Soil: I. Model Description 1. *J. Environ. Qual.*, n° 12, pp. 558-564.
- Kirkwood R.** (1999). Recent developments in our understanding of the plant cuticle as a barrier to the foliar uptake of pesticides. *Pesticides Science*, n° 55, pp. 69-77.
- Katagi T.** (2004). Photodegradation of pesticides on plant and soil surfaces. *Rev Environ Contam Toxicol*, n° 182, pp. 1-189.
- Kullman C.** (2014). Mesure de la dérive secondaire. Université de Champagne Ardenne, Reims, rapport de fin de licence professionnelle agro-ressources environnement spécialité grandes cultures et environnement, 24 p.
- Lassere D., Sieber J., Munsch T., Pligot L.** (2014). Choisir & décider- Préconisations régionales 2015, Alsace- Maïs, variétés et intervention. ARVALIS, Institut du végétal, 72 p., [En ligne] URL : http://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/d2/80/99/f0/choisir_mais_preco_reg_alsace_1040652815630294656.pdf
- Lassere D., Pousset Y., Ray T.** (2013). Choisir & décider Maïs- Préconisations 2014 - Décembre 2013 – Alsace - Lorraine - Bourgogne - Franche-Comté - Rhône-Alpes. ARVALIS, Institut du végétal, 72 p., [En ligne] URL : <http://www.arvalis-infos.fr/ma-s-l-essentiel-des-preconisations-pour-la-campagne-2014-@/view-12114-arvarticle.html>
- Lavieille D.** (2008). Phototransformation d'herbicides tricétoniques et d'insecticides pyréthriinoïdes à la surface de végétaux. Doctorat Chimie Physique, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand (France), 191 p.
- Lavieille D., Ter Halle A., Bussiere P., Richard C.** (2009). Effect of a spreading adjuvant on mesotrione photolysis on wax films. *J Agric Food Chem*, n° 57, pp. 9624-9628.
- Leistra M., Van den Berg F.** (1998). Estimation method for the volatilization of pesticides from plants. Smit, A.A.M.F.R. Smit, Wageningen (Pays-Bas), DLO Winand Staring Centre, Environmental Planning Bureau series 4, 98 p.
- Leistra M., Van der Linden A., Boesten J., Van den Berg F.** (2001). PEARL model for pesticides behaviour and emissions in soil-plant systems; Descriptions of the 180 processes, FOCUS PEARL version 1.1.1.. Alterra- rapport 013; RIVM report 711401 009. Wageningen, The Netherlands: Alterra, Green World Research.
- Lichiheb N., Bedos C., Personne E., Barriuso E.** (2015). Synthèse des connaissances sur le transfert des pesticides vers l'atmosphère par volatilisation depuis les plantes. *Pollution atmosphérique* N° 224, Janvier-mars 2015. [En ligne] (Mis à jour le : 10/03/2015) URL: <http://lodel.irevues.inist.fr/pollution-atmosphérique/index.php?id=4732>. (Consulté le 2/06/2015)
- Lichiheb N., Personne E., Bedos C., Barriuso E.** (2014). Adaptation of a resistive model to pesticides volatilization from plants at the field scale: Comparison with a dataset. *Atmospheric Environment*, n° 83, pp. 260-268.
- Mabon F., Schmitt S., Witz E., Rauscher A.** (2014). Action de reconquête de la qualité de l'eau du captage de Kintzheim. Diagnostic de l'aire d'alimentation du captage de Kintzheim. CARA, février 2014, 149 p.

- Marliere F.** (2001). Pesticides dans l'air ambiant. INERIS, DRC01-27138-AIRE n°801 FMr. 23p.
- Müller T., Staimer N., Kubiak R.** (1998). Influence of Soil pH and Contents of Organic Carbon and Clay on the Volatilization of [¹⁴C] Fenpropimorph after Application to Bare Soil. *Pesticides Science*, 53, pp. 245-251.
- Nash R.** (1983). Comparative volatilization and dissipation of rates of several pesticides from soil. *J. Agric. Food Chem.*, 31, pp.210-217.
- Panic I.** (2003). Synthèse bibliographique sur la dispersion de pesticides dans l'atmosphère. Unité Environnement et Grandes cultures, INRA Versailles-Grignon, Mai 2003, p. 58.
- OPTIPULVÉ** (2010). L'optimisation des doses permise par la précision d'application du pulvérisateur en vignes étroites Compte-rendu de 7 années d'expérimentation. *Phytoma* n°638, novembre 2010, 16 p.
- Rice C., Nochetto, C., Zara P.** (2002). Volatilization of trifluralin, atrazin, metolachlor, chlorpyrifos, α -endosulfan, and β -endosulfan from freshly tilled soil. *J.Agric. Food Chem.*, 50, pp. 4009-4017.
- Rüdel H.** (1997). Volatilization of pesticides from soil and plant surfaces. *Chemosphere*, n° 35, pp. 143-152.
- Satchivi N., Stoller E., Wax L., Briskin D.** (2000). A nonlinear dynamic simulation model for xenobiotic transport and whole plant allocation following foliar application. II. Model validation. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 68, pp. 85–95.
- Scalla R.** (1991). Les herbicides, mode d'action et principe d'utilisation, INRA, Paris, 450 p.
- Scholtz M., Voldner E., McMillan A., Van Heyst B.** (2002a). A pesticide emission model (PEM), Part I: model development. *Atmospheric Environment*, n° 36, pp. 5005-5013.
- Scholtz M., Voldner E., Van Heyst B. E.** (2002b). A pesticide emission model (PEM), Part II: model evaluation. *Atmospheric Environment*, n° 36, pp. 5015-5024
- Sinfort C., Cotteux E., Bonicelli B., Ruelle B., Douchin M., Berenger M., Lagreud J., Liet O., De Rudnick V.** (2009). Influence des conditions et matériels de pulvérisation sur les pertes de produits phytosanitaires au sol et dans l'air en viticulture languedocienne. Colloque national du groupe français d'études et d'application des produits phytosanitaires, mai 2009, Toulouse, HAL-00468872 4 p.
- Trapp S., McFarlane C., Matthies M.** (1994). Model for uptake of xenobiotics into plants – validation with Bromacil experiments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, n° 13, pp. 413-422.
- Trapp S., Matthies M.** (1997). Modeling volatilization of PCDD/F from soil and uptake into vegetation. *Environmental Science & Technology*, n° 31, pp. 71-74.
- Van Den Berg F., Kubiak R., Benjey W., Majewski M., Yates S., Reeves G., Smelt J., Van der Linden A.** (1999). Emission of pesticides into the air, Water, Air and Soil Pollution, v. 115, pp. 195-218.
- Van der Werf, H.M.G., Zimmer, C.** (1998). Un indicateur d'impact environnemental de pesticides basé sur un système expert à logique floue. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°34, pp. 47-66.

Van Hemmen J. (2001). EUROPOEM, a predictive occupational exposure database for registration purposes of pesticides. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 16, 2001, pp. 246-50.

Wang C., Liu Z. (2007). Foliar uptake of pesticides – Present status and future challenge. *Pesticides Biochemistry and Physiology*, n° 87, pp. 1-8.

Waymann B., Rüdell H. (1995). Influence of air velocity, application dose, and test area size on the volatilization of lindane. *J. Environ. Anal. Chem.*, 58, pp. 371-378.

Willis G., McDowell L. (1987). Pesticides persistence on foliage. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* 100 pp. 24-73.

Woodrow J., Seiber J., Baker L. (1997). Correlation techniques for estimating pesticide volatilisation flux and downwind concentration. *Environ. Sci. Technol.*, 31, pp. 523-529.

Sitographie

- [1] ORP (2014). Le marché mondial. (Consulté le 25/05/2015)
URL: <http://observatoire-pesticides.gouv.fr/index.php?pageid=379>
- [2] Vie Publique (2015). Consultation publique sur le projet plan Ecophyto II. (Consulté le 15/07/2015)
URL: <http://www.vie-publique.fr/forums/consultation-publique-projet-plan-ecophyto-ii.html>
- [3] ORP (2014). Les chiffres du marché/Introduction. (Consulté le 25/05/2015)
URL: <http://observatoire-pesticides.gouv.fr/index.php?pageid=381>
- [4] ANSES (2014). Perturbateurs endocriniens. (Consulté le 25/05/2015)
URL: <https://www.anses.fr/fr/content/perturbateurs-endocriniens-1>
- [5] INERIS (2009). Directive n° 2009/128/CE du 21/10/09 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable. (Consulté le 25/05/2015)
URL: http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/733
- [6] ACTU ENVIRONNEMENT (2014). L'interdiction de l'épandage aérien des pesticides, pas franchement pour maintenant. (Consulté le 11/05/2015)
URL: <http://www.actu-environnement.com/ae/news/pesticides-epandage-aerien-interdiction-derogations-22704.php4>
- [7] Légifrance (2006). Loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie. (Consulté le 25/05/2015)
URL: <http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000381337>
- [8] Légifrance (2015). LOI n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt. (Consulté le 25/05/2015)
URL: http://www.legifrance.gouv.fr/affichLoiPubliee.do;jsessionid=5691BBA0E2987B8FCB B6195E53853F64.tpdjo07v_2?type=general&idDocument=JORFDOLE000028196878
- [9] Légifrance (2015). Arrêté du 12 septembre 2006 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime. (Consulté le 11/05/2015)
URL: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000425570>
- [10] Vin Vigne - Guide des vins de France (2015). Vignoble d'Alsace. (Consulté le 11/05/2015)
URL: <http://www.vin-vigne.com/vignoble/vin-alsace.html#ixzz3ZoXcD1Vi>
- [11] Agreste (2013). Enquête Pratiques Phytosanitaires en Viticulture. (Consulté le 11/05/2015)
URL: http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/presentation_IFT.pdf
- [12] E-phy, le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France (2015). (Consulté le 11/05/2015)
URL: <http://e-phy.agriculture.gouv.fr>
- [13] TeeJet ® Technologies (2015). Causes et limitation de la dérive. (Consulté le 16/03/2015).
URL: <http://www.teejet.com/french/home/tech-support/nozzle-technical-information/drift-causes-and-control.aspx>
- [14] ARVALIS, Institut du Végétal. Aide au choix des buses et réglage des paramètres de pulvérisation. (Consulté le 26/07/2015)

URL : http://oad.arvalis-infos.fr/choixbuses/FR/PAGE_IDV023.php

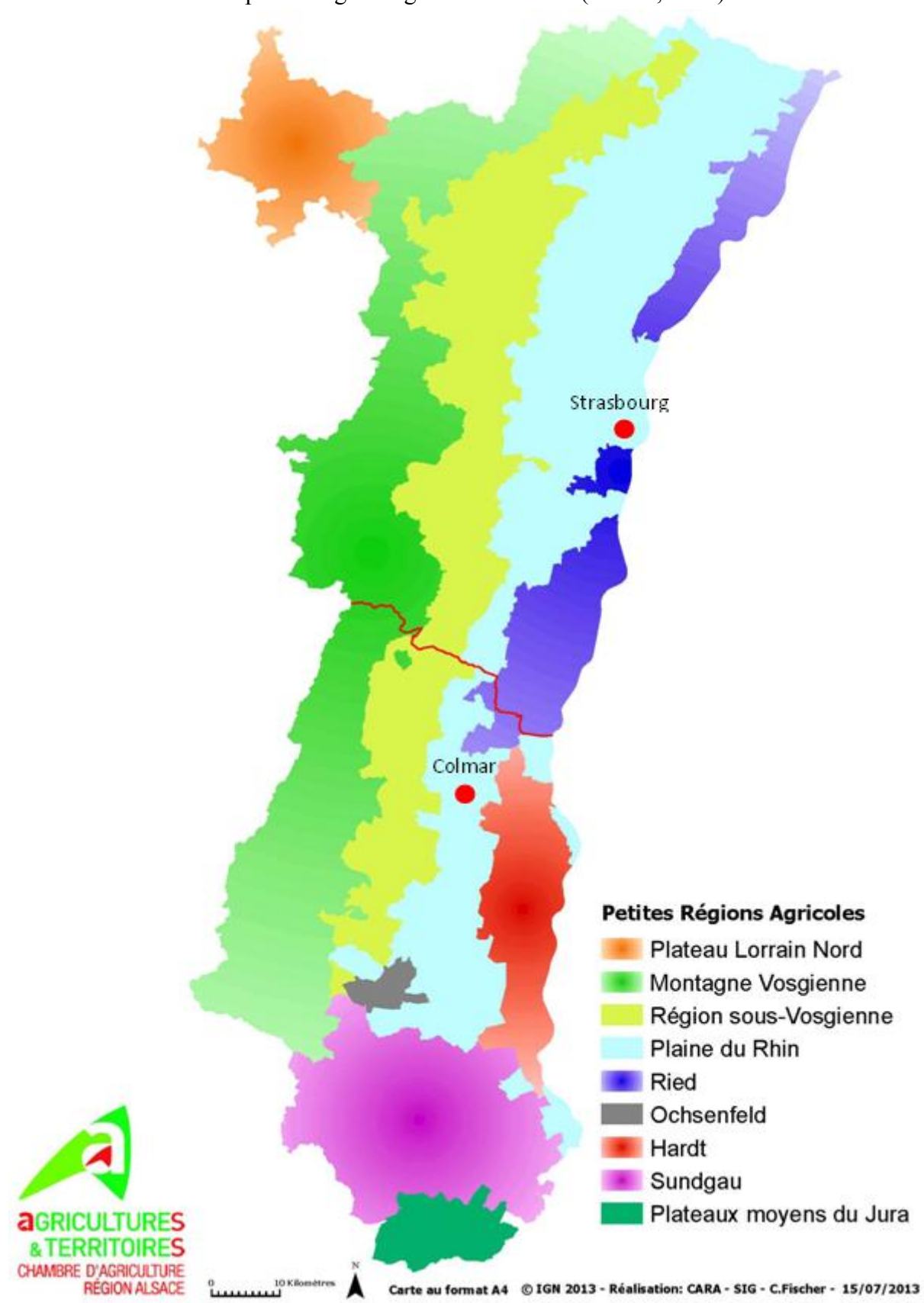
[15] Site du ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (2015). Panneaux récupérateurs. (Consulté le 16/03/2015)

URL: <http://agriculture.gouv.fr/Panneaux-recuperateurs>

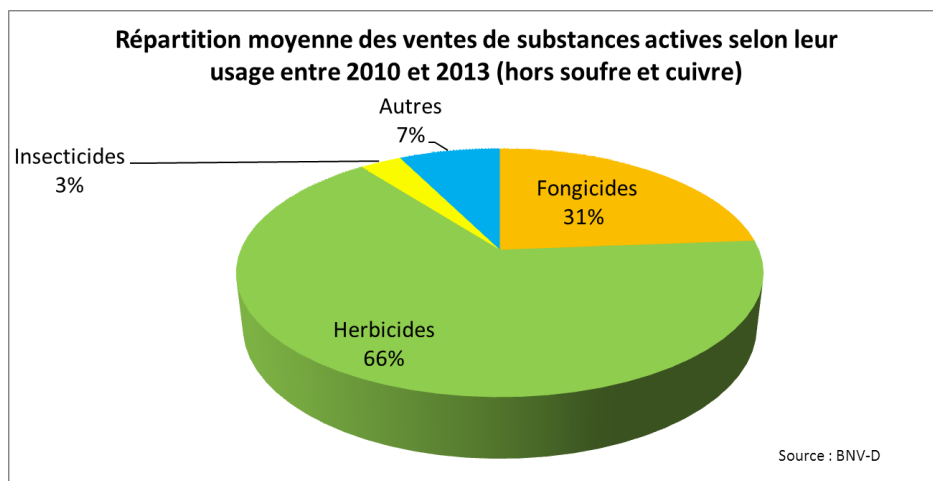
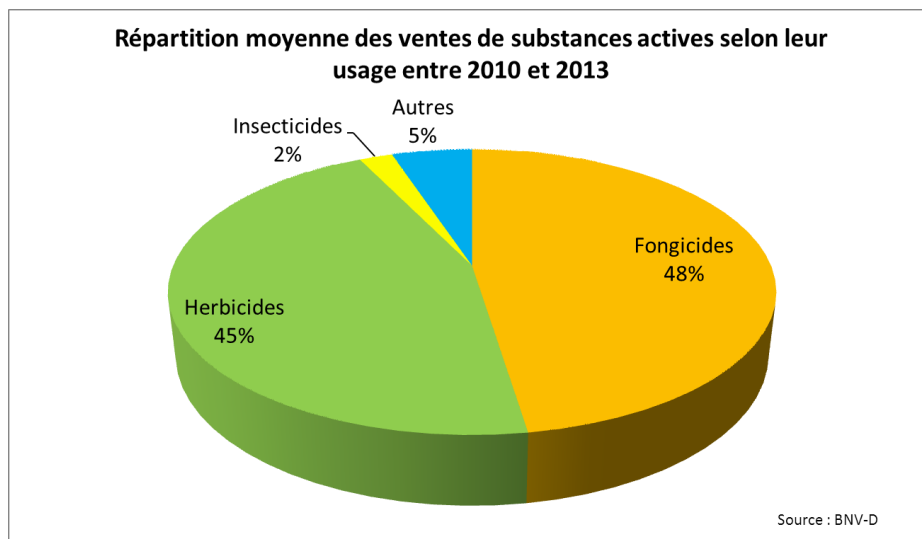
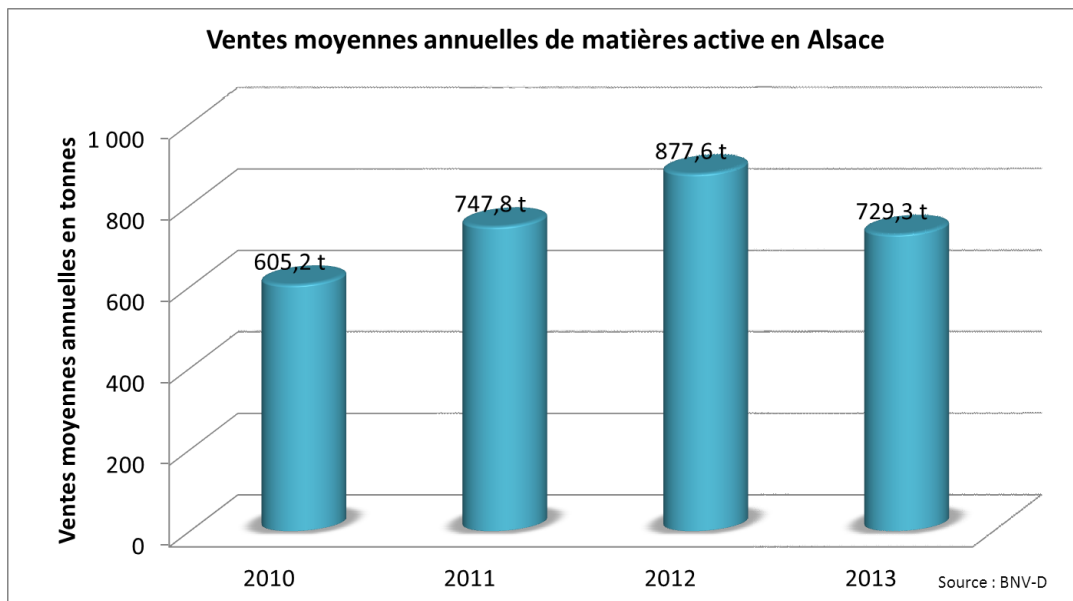
[16] HARDI, The sprayer France (2015) – Hardi Twin, 20 ans d'expérience et de succès. (Consulté le 16/03/2015)

URL: <http://www.hardi-fr.com/fr/le-groupe/case/twin-case-stories/hardi-twin-20-ans-dexperiences-et-de-succes/>

ANNEXE I : Carte des petites régions agricoles d'Alsace (CARA, 2013)



ANNEXE II : Ventes de produits phytosanitaires en Alsace en tonnes de substances actives soufre et cuivre compris (Striebel, 2015)



ANNEXE III : Description du site de mesure à tendance viticole (Striebel, 2015) et assolement 2015 dans un rayon d'un 1km (Ganter (CARA), 2015)

Localisation de la commune



Photo du préleveur de Kintzheim



Caractéristiques du site

Commune :	Kintzheim (Bas-Rhin)
Tendance :	Viticole
Description :	Située sur les collines sous-vosgiennes, le site se situe en plein sur la route des vins d'Alsace
Cultures dans un rayon d'un 1km du préleveur en 2015 (Striebel, 2015) :	
Localisation du préleveur :	Salle des fêtes, à moins de 50 m d'une parcelle de vigne

Caractéristiques de prélèvement

Débit du préleveur:	1 m ³ /h	
Durée de prélèvement :	1 semaine	
Dates de prélèvement 2013 :	14/05-21/05 21/05-28/05 12/06-19/06	19/06-26/06 03/07-10/07
Blanc terrain 2013 :	13/11-19/11	
Dates de prélèvement 2014 :	14/04-21/04 22/04-29/04 10/06-16/06	17/06-24/06 29/07-05/08
Blanc terrain 2014 :	04/11-11/11	

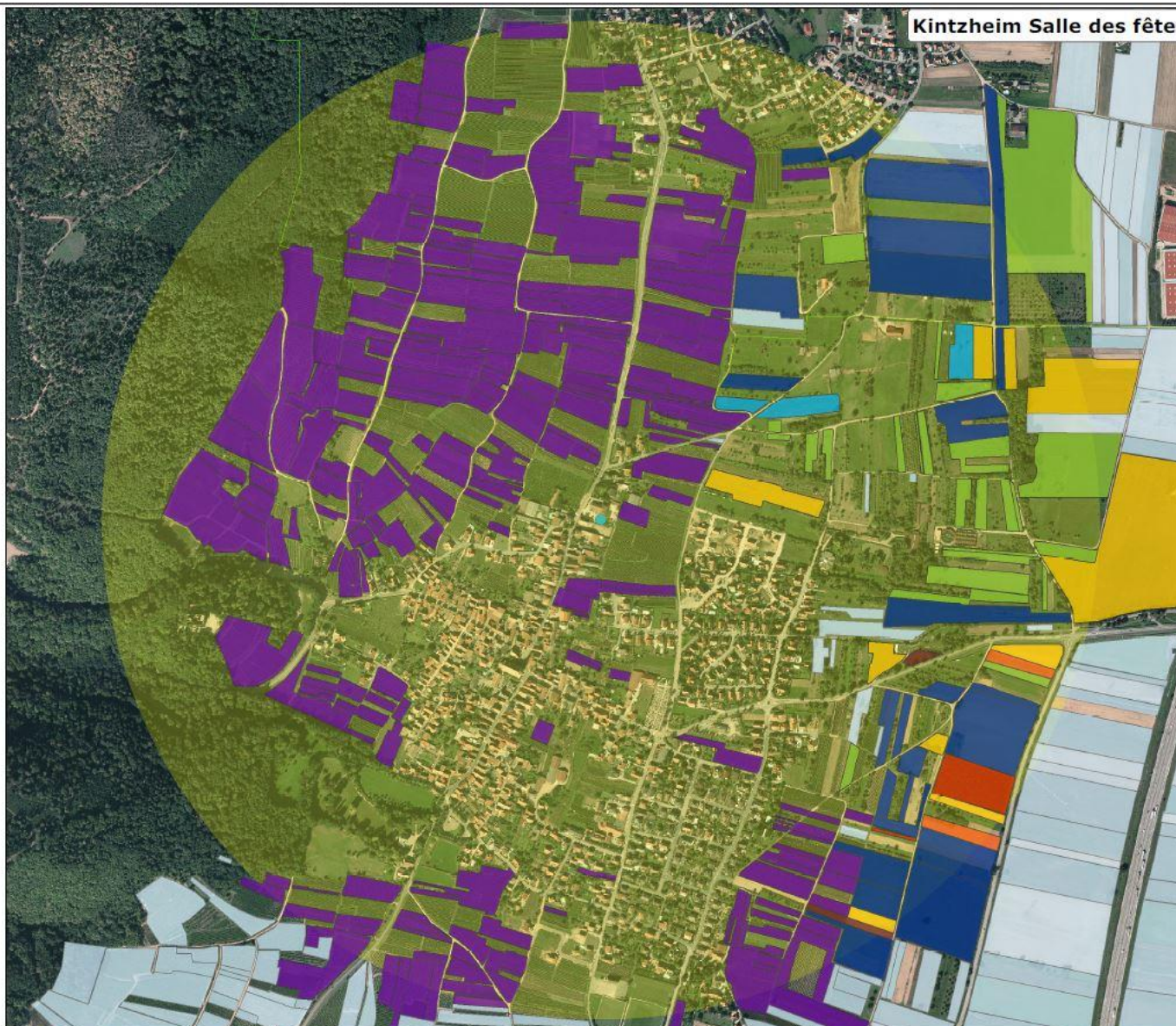


AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
RÉGION ALSACE

Qualité de l'air Points de relevés



- Îlots PAC
- Assolement 2015**
- Arboriculture
- Betterave
- Blé
- Colza
- Herbe
- Maïs
- Orge
- Pomme de terre
- Soja
- Vigne
- Zone tampon 1000 m
- Limites communales
- Points de mesure de la qualité de l'air



Source des données : Photo aérienne - ORTHO CIGAL (www.cigalasec.org), Limites communales - BD TOPO © IGN Paris 2012 Licence APCA Copie et reproduction interdites.
Îlots PAC : ©ASAP 2011, Autres données et réalisation : SAS Chambre d'agriculture de région Alsace

Qualité de l'air - Jérémie GANTER - 14/06/2011

ANNEXE IV : Description du site de mesure à tendance grandes cultures (Striebel, 2015) et assolement 2015 dans un rayon d'un 1km (Ganter (CARA), 2015)

Localisation de la commune



Photo du préleveur de Ohnenheim



Caractéristiques du site

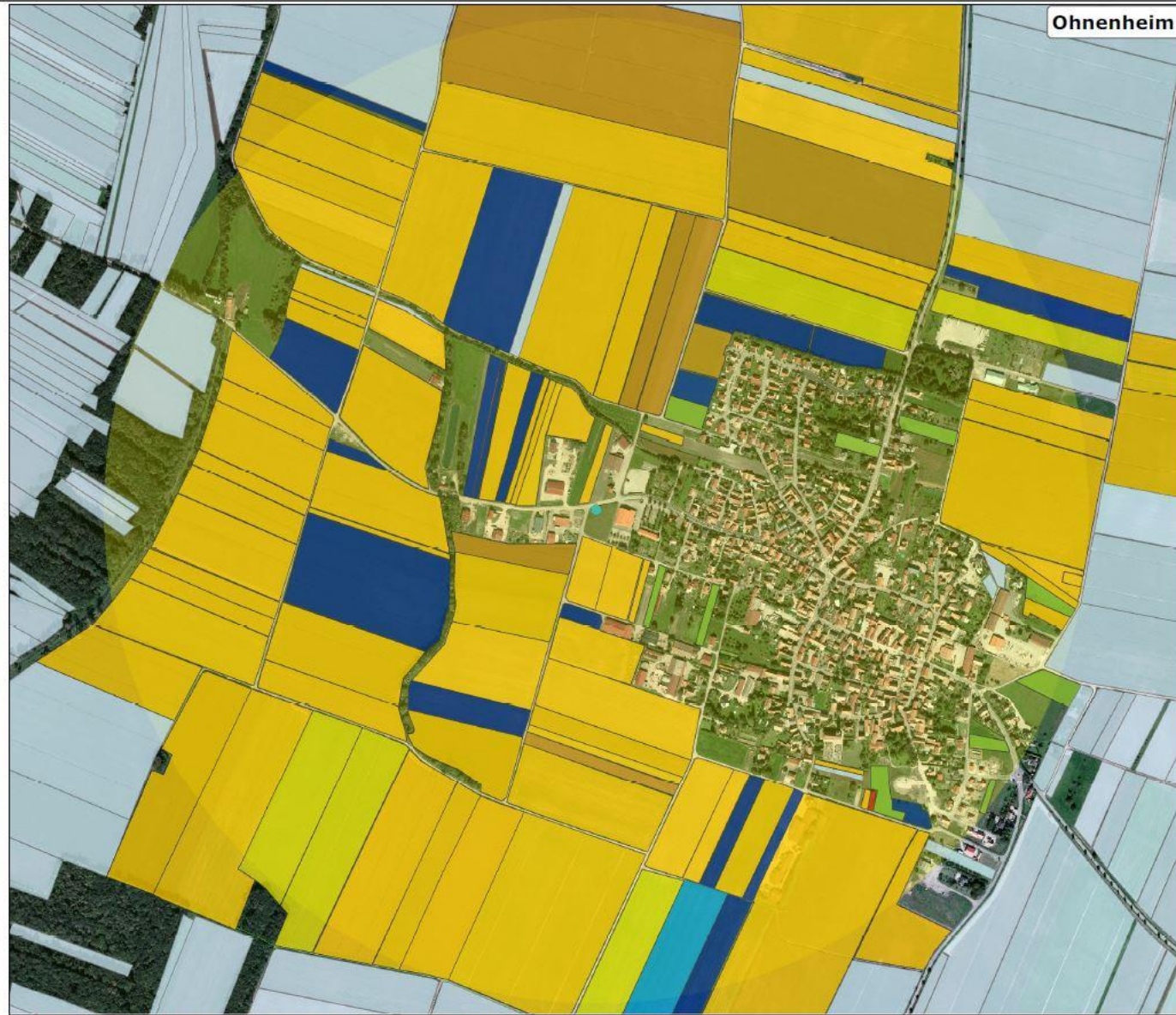
Commune :	Ohnenheim (Bas-Rhin)	
Tendance :	Grandes cultures	
Description :	Commune située dans la plaine du Rhin	
Cultures dans un rayon d'un 1km du préleveur en 2015 (Striebel, 2015) :		
Localisation du préleveur :	Sortie du village, à proximité directe d'une culture	
Caractéristiques de prélèvement		
Débit du préleveur:	1 m ³ /h	
Durée de prélèvement :	1 semaine	
Dates de prélèvement 2013 :	25/04-02/05 14/05-21/05 21/05-28/05	26/06-03/07 03/07-10/07
Blanc terrain 2013 :	20/11-27/11	
Dates de prélèvement 2014 :	14/05-21/05 21/05-28/04 17/06-23/06	29/06-06/07 22/07-29/08
Blanc terrain 2014 :	12/11-19/11	



Qualité de l'air Points de relevés



-  îlots PAC
- Assolement 2015**
-  Arboriculture
-  Betterave
-  Blé
-  Colza
-  Herbe
-  Maïs
-  Orge
-  Pomme de terre
-  Soja
-  Vigne
-  Zone tampon 1000 m
-  Limites communales
-  Points de mesure de la qualité de l'air



Ohnenheim

Source des données : Photo aérienne : ORTHO GIGAL (www.ortho.gigal.com), Limites communales : BD TOPO® ©IGN Paris 2012 Licence APCA Copie et reproduction interdite, Îlots PAC : ©ASP 2013, Autres données et réalisation : SIG Chambre d'Agriculture de Région Alsace

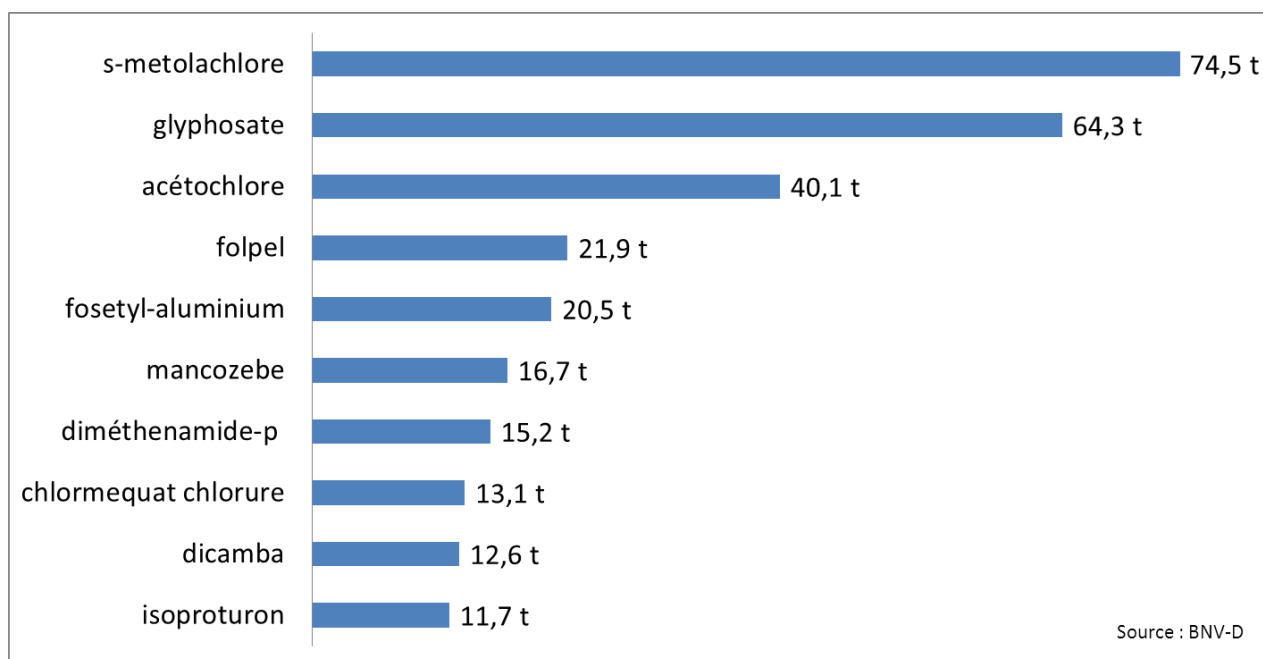
Qualité de l'air - Jérôme GANTER - 15/05/2015

ANNEXE V : Liste des substances actives recherchées en 2013 et 2014 (Source : ASPA)

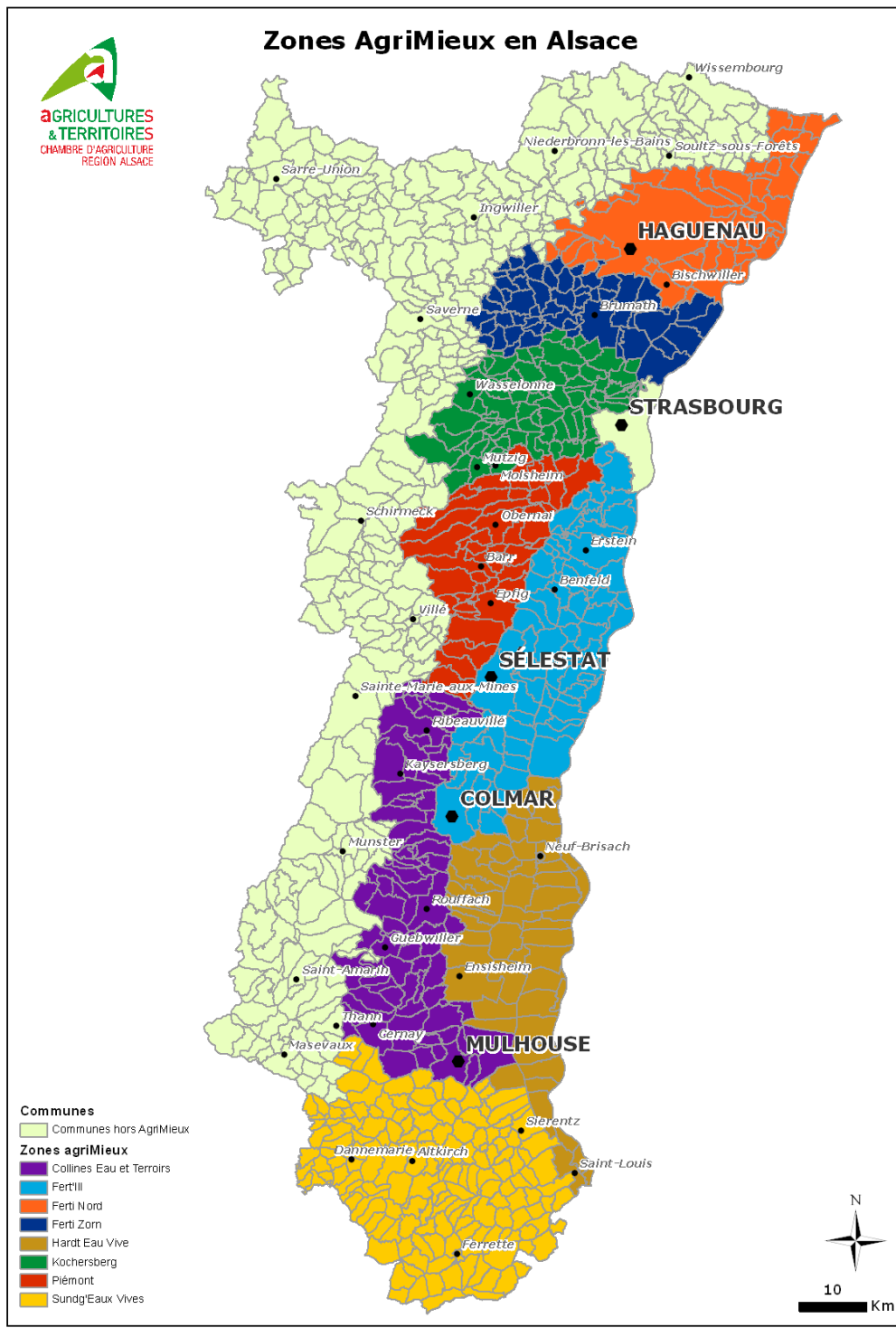
Liste des molécules recherchées par l'ASPA en 2013	
Nom de la matière active	Utilisation (H : herbicide, F : fongicide, I : insecticide)
2,4-MCPA	H
Acétochlore	H
Aclonifen	H
Benoxacor	H
Bifénox	H
Captane	F
Chlorothalonil	F
Chlorpyrifos-éthyl	I
Chlorpyrifos-méthyl	I
Clomazone	H
Clopyralid	H
Cyhalothrine-lambda	I
Cymoxanil	F
Cyprodinil	F
Dazomet	F
Diclofop méthyl	H
Diméthénamide-p	H
Dimétomorphe	F
Epoxiconazole	F
Ethofumesate	H
Fenhexamide	F
Fenpropidine	F
Fenpropimorphe	F
Florasulam	H
Flurochloridone	H
Flusilazole	F
Folpel	F
Ioxynil	H
Krésoxim-méthyl	F
Lindane	I (non autorisé)
Malathion	I (non autorisé)
MCPP (Mécoprop)	H
Métazachlore	H
Myclobutanil	F
Napropamide	H
Oxadiazon	H
Pendiméthaline	H
Pyrimicarbe	I
Procymidone	F
Prosulfocarbe	H
Prosulfuron	H
Pyrimethanil	F
S-métolachlore	H
Spiroxamine	F
Sulcotrione	H
Tebuconazole	F
Tefluthrine	I
Thiram	F
Trifloxystobine	F
Trifluraline	H

Liste des molécules recherchées par l'ASPA en 2014	
Nom de la matière active	Utilisation (H : herbicide, F : fongicide, I : insecticide)
2,4-D	H
2,4-MCPA	H
Acétochlore	H (non autorisé)
Aclonifen	H
Benoxacor	H
Captane	F
Chlorothalonil	F
Chlorpropham	H
Chlorpyrifos-éthyl	I
Chlorpyrifos-méthyl	I
Chlortoluron	H
Clomazone	H
Cyhalothrine-lambda	I
Cymoxanil	F
Cyperméthrine	I
Cyproconazole	F
Cyprodinil	F
Dazomet	F
Diclofop méthyl	H
Difenoconazole	F
Diiflufénicanil	H
Diméthénamide-p	H
Dimétomorphe	F
Dimoxystobine	F
Epoxiconazole	F
Ethofumesate	H
Etridiazole	F (non autorisé)
Fenpropidine	F
Fenpropimorphe	F
Flurochloridone	H
Flusilazole	F
Folpel	F
Forchlorfenuron	Stimulateur de croissance
Ioxynil	H
Isoproturon	H
Krésoxim-méthyl	F
Lindane	I (non autorisé)
Malathion	I (non autorisé)
MCPP (Mécoprop)	H
Métazachlore	H
Myclobutanil	F
Napropamide	H
Oxadiazon	H
Pendiméthaline	H
Pyrimicarbe	I
Profoxydim	H
Propiconazole	F
Prosulfocarbe	H
Prosulfuron	H
Quizalofop-p-tefuryl	H (non autorisé)
S-métolachlore	H
Spiroxamine	F
Sulcotrione	H
Tebuconazole	F
Téfluthrine	I
Thiophanate-méthyl	F
Thiram	F
Triallate	H
Trifloxystobine	F
Warfarin	Rodenticide

ANNEXE VI : Graphiques des ventes annuelles moyennes des substances actives les plus vendues en Alsace entre 2010 et 2013 en tonnes (Striebel, 2015).



ANNEXE VII : Cartographie des zones Agri-Mieux en Alsace (GANTER (CARA), 2014)



ANNEXE VIII: Caractéristiques des substances actives retrouvées dans l'air et analysées avec I-phy Air (Sources : Bonet et *al.*, (2014) et e-phy [12]).

Les fongicides sont en orange, les insecticides en jaune, les régulateurs de croissance en rose et les herbicides en vert.

Bénalaxyl	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (mildiou, brenner, black rot, excoriose), pomme de terre, tomate
Mode d'action	<i>Systémique</i>
Remarque	Utilisé en premier traitement
Chlorothalonil	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Céréales à paille, légumes
Mode d'action	<i>Contact</i>
Remarque	Usage autorisé sur le mildiou de la vigne jusque 2014
Cymoxanil	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (mildiou), légumes
Mode d'action	<i>Pénétrant</i>
Cyprodinil	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (botrytis, champignon producteur d'OTA), céréales à paille, arboriculture, légumes
Mode d'action	Systémique
Diméthomorphe	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (mildiou, black rot), légumes
Mode d'action	Pénétrant
Remarque	Utilisé plutôt en rattrapage
Fenpropimorphe	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Céréales à paille
Mode d'action	Systémique
Folpel	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (oïdium, mildiou, black rot), pomme de terre, tomate
Mode d'action	Contact
Remarque	Le folpel est également autorisé sur le blé depuis 2015

Fluazinam	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (Botrytis (appliqué à la floraison, à la fermeture de la grappe ou au début véraison)), pomme de terre (mildiou), culture ornementale
Mode d'action	Contact
Remarque	Quasiment insoluble dans l'eau
Krésoxim-méthyl	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (oïdium, excoriose, brenner, black rot), arboriculture, légumes, céréales à paille
Mode d'action	Pénétrant
Méfénoxam (Métalaxyl-M)	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (mildiou), légumes,
Mode d'action	Systemique
Remarque	Utilisé en premier traitement
Pyriméthanyl	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (Botrytis, Aspergillus), légumes
Mode d'action	Contact
Remarque	Agit par vapeur
Spiroxamine	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (Brenner, Oïdium et Black Rot), céréales à paille
Mode d'action	Pénétrant
Tébuconazole	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (brenner, oïdium, black rot), céréales à paille, arboriculture, légumes
Mode d'action	Pénétrant
Trifloxystrobine	
Usage	Fongicide
Cibles principales	Vigne (brenner, oïdium et black rot), céréales à paille, arboriculture, légumes, betterave
Mode d'action	Pénétrant

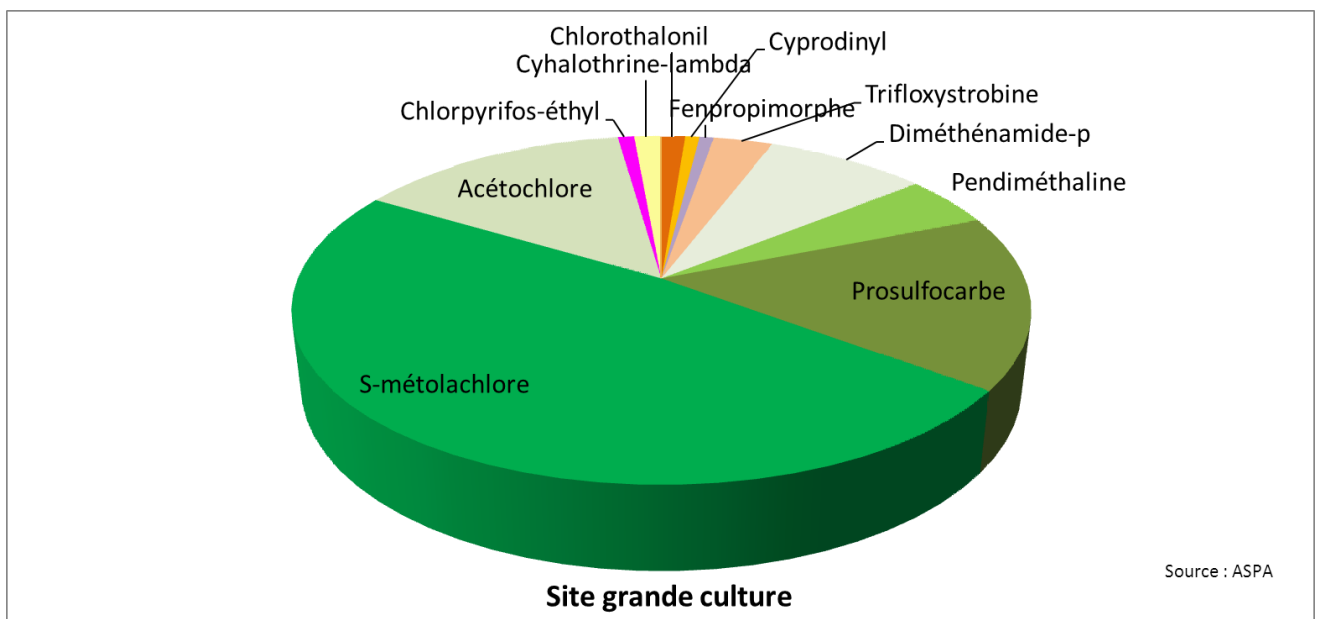
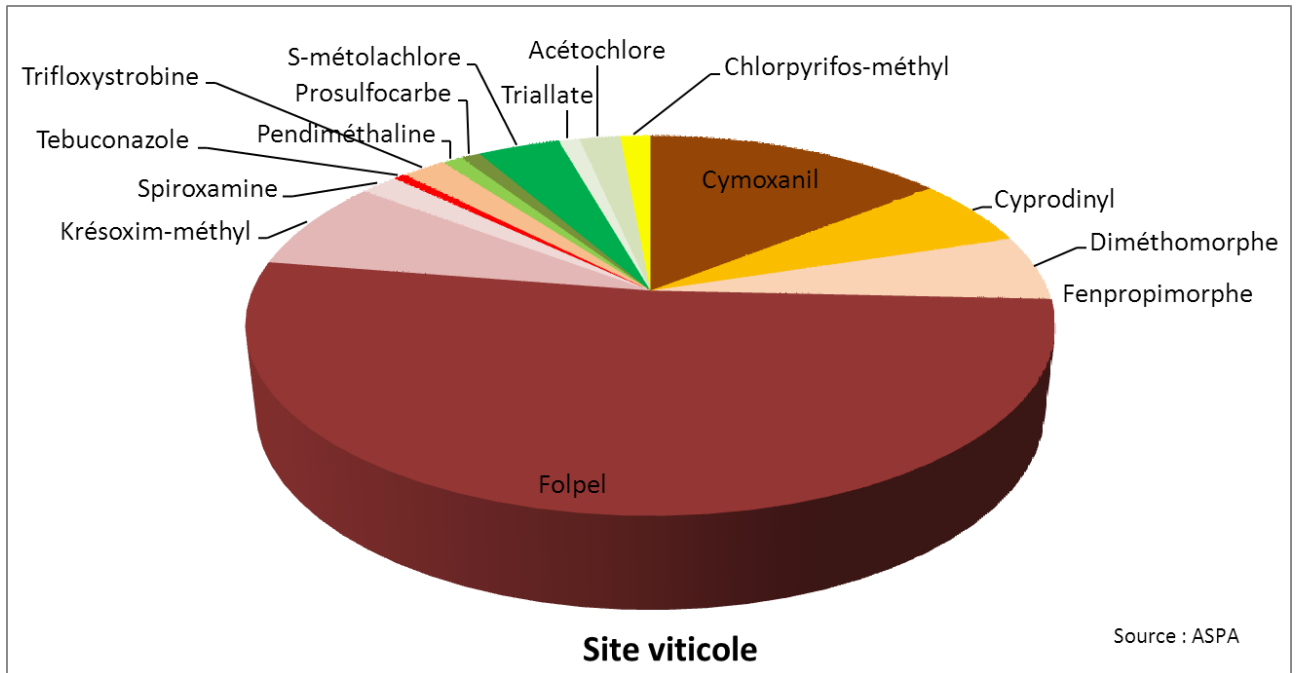
Chlorpyrifos-éthyl	
Usage	Insecticide
Cibles et cultures concernées	Vigne (thrips, cicadelle de la flavescence dorée, tordeuse de la grappe), légume, arboriculture, céréales à paille (puceron), maïs (pyrale et chenille phytophage)
Remarques	Très peu utilisé en Alsace
Chlorpyrifos-méthyl	
Usage	Insecticide
Cibles et cultures concernées	Vigne (tordeuse de la grappe), légumes, arboriculture, céréales à paille (puceron)
Remarques	Très peu utilisé en Alsace, problématique pour la santé de l'applicateur et la faune auxiliaire de par sa non sélectivité. Utilisé essentiellement par les pépiniéristes en vigne
Cyhalothrine-lambda	
Usage	Insecticide
Cibles et cultures concernées	Vigne (tordeuse de la grappe, cicadelle de la flavescence dorée, thrips, acariens) betterave, légumes, arboriculture, maïs

Ethéphon	
Usage principal	Régulateur de croissance
Cibles et cultures concernées	Blé
Remarques	Autres usages divers
Trinexapac-éthyl	
Usage principale	Régulateur de croissance
Cibles et cultures concernées	Blé
Remarques	Autres usages divers

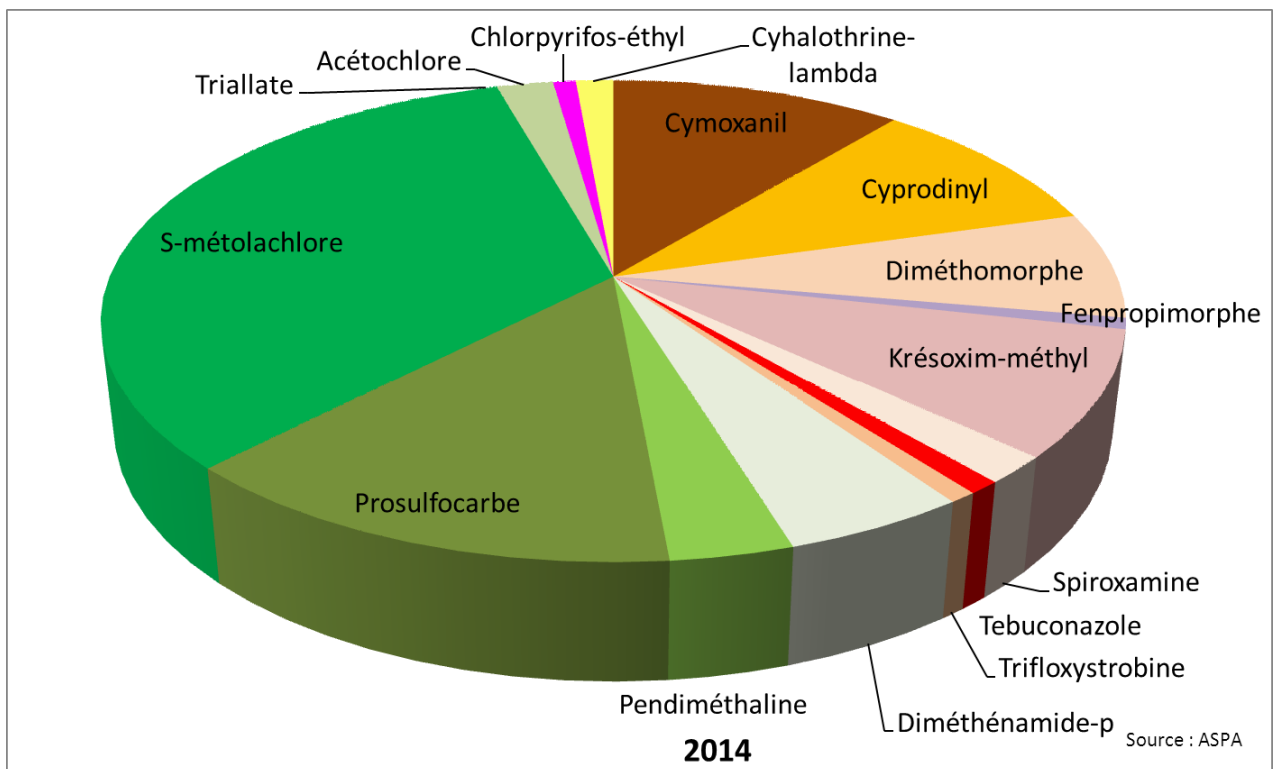
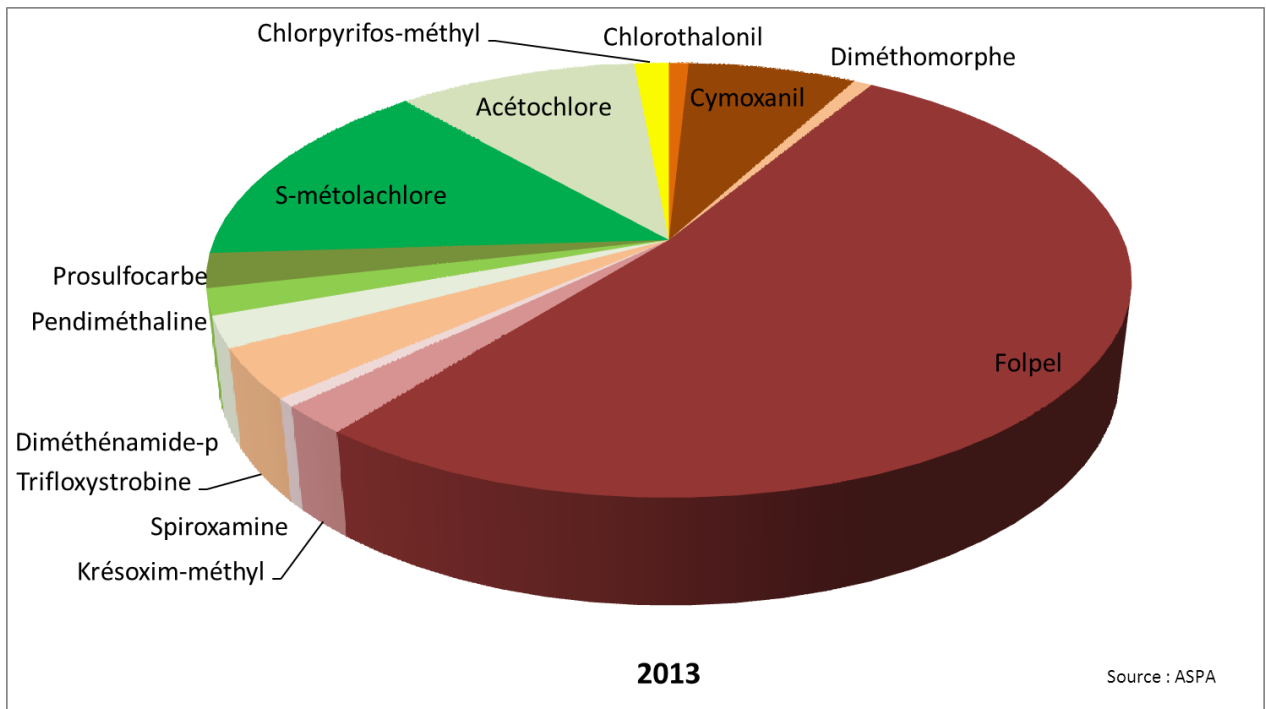
2.4 MCPA	
Usage	Herbicide foliaire
Cultures concernées	Céréales à paille
Type de programme	Post-levée
Remarque	Hormone pouvant engendrer de la phytotoxicité sur les cultures voisines
Acétochlore	
Usage	Herbicide foliaire
Cultures concernées	Maïs
Type de programme	Post-levée
Remarque	Interdite depuis 2013

Bifénox	
Usage	Herbicide foliaire
Cultures concernées	Céréales à paille
Type de programme	Post-levée
Dichlormide	
Usage	Herbicide foliaire
Cultures concernées	Maïs
Type de programme	Post-levée
Remarque	Utilisée avec l'acétochlore, interdite depuis 2013
Diméthénamide-p	
Usage	Herbicide racinaire
Cultures concernées	Maïs, betterave
Type de programme	Prélevée
Flumioxazine	
Usage	Herbicide
Cultures concernées	Vigne, pommier
Type de programme	Prélevé
Pendiméthaline	
Usage	Herbicide racinaire
Cultures concernées	Céréales à paille, maïs, soja, arboriculture, vigne et légume
Type de programme	Prélevée
Prosulfocarbe	
Usage	Herbicide racinaire et foliaire
Cultures concernées	Céréales à paille, légumes, pomme de terre
Type de programme	Post-levée et prélevée
S-métolachlore	
Usage	Herbicide racinaire
Cultures concernées	Maïs, soja et betterave
Type de programme	Prélevée
Thiocyanate d'ammonium	
Usage	Herbicide systémique
Cultures concernées	Vigne, maïs, pommier, fruits à noyaux
Type de programme	Post-levée
Triallate	
Usage	Herbicide anti-germinatif
Cultures concernées	Betterave, orge
Type de programme	Prélevée

ANNEXE IX : Détail du pourcentage des concentrations moyennes en substance active détectées en 2013 et 2014 par site (Striebel, 2015)



ANNEXE X : Détail du pourcentage des concentrations moyennes en substance active détectées selon les années (Striebel, 2015)



ANNEXE XI : Notes de risque globales I-phy Air pour les substances actives utilisées en traitement vigne lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques 2013 (Striebel, 2015)

Insecticides et fongicides

Matière Active	Usage	Dose moyenne (g/ha)	Note moyenne enherbement total, cavaillon dés herbé	Note moyenne enherbement un rang sur deux, cavaillon dés herbé	Note moyenne dés herbage total	Note moyenne globale
fluazinam	Fongicide	750	0,56	0,56	0,56	0,6
spiroxamine	Fongicide	289	2,6	3	4,7	3,4
pyriméthanol	Fongicide	925,9	2,5	3,1	5	3,5
méfénoxam	Fongicide	92	3,2	3,7	5,4	4,1
chlorpyrifos-méthyl	Insecticide	54,1	4,2	4,6	6,1	5,0
cyprodinil	Fongicide	383,6	4,8	5,5	7,4	5,9
bénalaxyl	Fongicide	114,2	5,2	5,9	7,9	6,3
cymoxanil	Fongicide	116,32	7,2	8	9,8	8,3
metrafenone	Fongicide	83,7	7,6	8,1	9,3	8,3
benthiavali carb-isopropyl	Fongicide	35	7,6	8,3	9,7	8,5
penconazole	Fongicide	18,8	7,7	8,4	10	8,7
myclobutanil	Fongicide	44,6	8	8,8	10	8,9
folpel	Fongicide	897,2	8,3	8,9	9,9	9,0
emamectine benzoate	Insecticide	4122,2	8,9	9,2	9,3	9,1
mancozèbe	Fongicide	133,2	8,6	9	9,8	9,1
métiram-zinc	Fongicide	1126,9	8,9	9,3	9,9	9,4
tétraconazole	Fongicide	25,2	8,7	9,4	10	9,4
chlorantraniliprole	Insecticide	2722,6	9,6	9,6	9,6	9,6
indoxacarbe	Insecticide	1325,7	9,3	9,6	9,9	9,6
proquinazid	Fongicide	48,8	9,2	9,9	10	9,7
bénalaxyl-M	Fongicide	70,5	9,4	10	10	9,8
phosphonate de potassium	Fongicide	2005,5	9,8	9,8	9,9	9,8
fosétyl-Al	Fongicide	1624,6	9,9	9,9	9,9	9,9
manèbe	Fongicide	400	9,9	10	10	10,0
amétoctradine	Fongicide	300,4	10	10	10	10,0
azoxystrobine	Fongicide	187	10	10	10	10,0
boscalid	Fongicide	121,3	10	10	10	10,0
captane	Fongicide	465	10	10	10	10,0
cyazofamide	Fongicide	108,8	10	10	10	10,0
cyflufénamid	Fongicide	20,1	10	10	10	10,0
cyproconazole	Fongicide	18,02	10	10	10	10,0
difénoconazole	Fongicide	294	10	10	10	10,0
dimétomorphe	Fongicide	229,3	10	10	10	10,0
dinocap	Fongicide	81,3	10	10	10	10,0
disodium phosphonate	Fongicide	1087,7	10	10	10	10,0
dithianon	Fongicide	525	10	10	10	10,0
époxyconazole	Fongicide	162	10	10	10	10,0
famoxadone	Fongicide	54,4	10	10	10	10,0
fenbuconazole	Fongicide	36,5	10	10	10	10,0
fenhexamide	Fongicide	726,9	10	10	10	10,0
fludioxonil	Fongicide	268,4	10	10	10	10,0
fluopicolide	Fongicide	131,8	10	10	10	10,0
iprovalicarbe	Fongicide	99,3	10	10	10	10,0
krésoxim-méthyl	Fongicide	75,15	10	10	10	10,0
mandipropamid	Fongicide	121,6	10	10	10	10,0

meptyldinocap	Fongicide	210	10	10	10	10,0
pyraclostrobine	Fongicide	88,9	10	10	10	10,0
quinoxifén	Fongicide	43,9	10	10	10	10,0
spinosad	Insecticide	1163,4	10	10	10	10,0
tébuconazole	Fongicide	85,2	10	10	10	10,0
triadiménol	Fongicide	19,8	10	10	10	10,0
trifloxystrobine	Fongicide	53,8	10	10	10	10,0
zoxamide	Fongicide	107,9	10	10	10	10,0

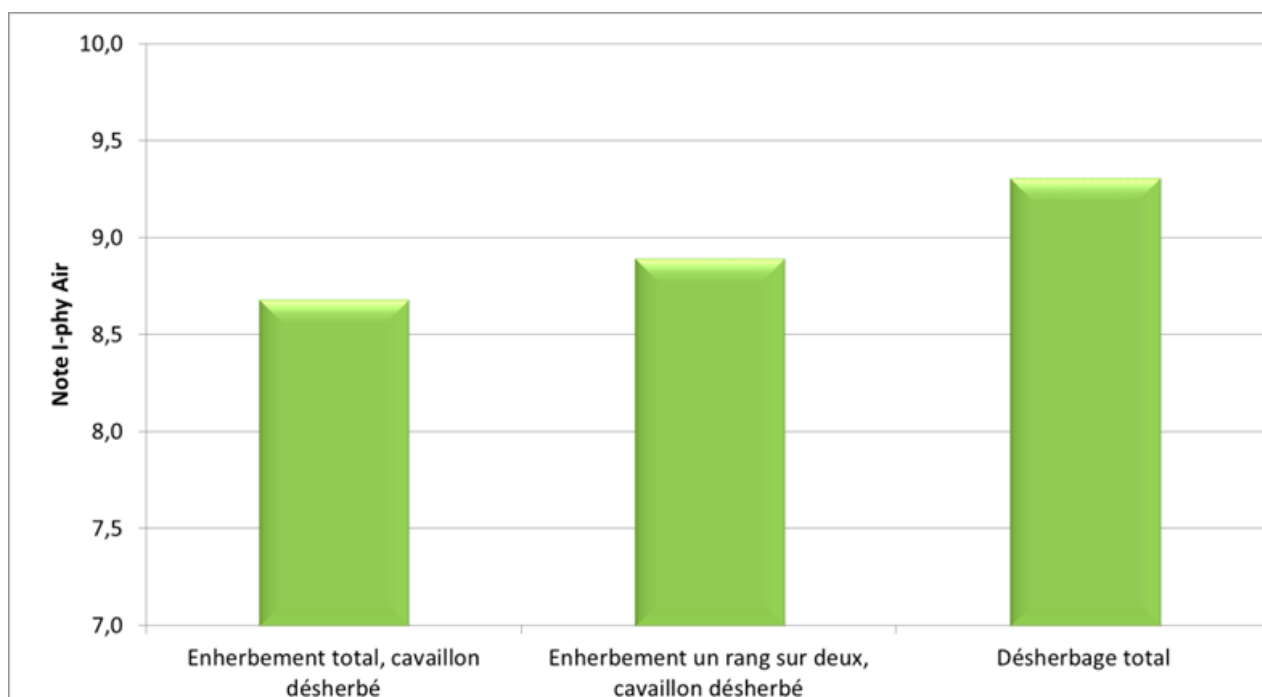
Herbicides

Matières actives	Action	Usage	Dose moyenne (g/ha)	Note enherbment 50%
thiocyanate d'ammonium	post-levée	herbicide	506,9	4,6
flumioxazine	prélevé	herbicide	151,7	5,9
aminotriazole	post-levée	herbicide	842,1	8,7
carfentrazone-éthyle	post-levée	herbicide	5,1	10
cycloxydime	post-levée	herbicide	50,5	10
flazasulfuron	prélevé	herbicide	9,9	10
glufosinate-ammonium	post-levée	herbicide	122,8	10
glyphosate	post-levée	herbicide	682,8	10
isoxaben	prélevé	herbicide	218	10
oryzalin	prélevé	herbicide	694,4	10
oxyfluorène	prélevé	herbicide	258,8	10
penoxsulame	prélevé	herbicide	1,9	10
propyzamide	prélevé	herbicide	202,1	10
pyraflufen-éthyl	post-levée	herbicide	1,25	10

Molécule retrouvée dans l'air lors des campagnes de l'APSPA

Molécule recherchée dans l'air lors des campagnes de l'APSPA mais non retrouvée

ANNEXE XII : Variations des moyennes des notes de risque I-phy Air des substances actives viticoles en fonction de l'enherbement (Striebel, 2015)



ANNEXE XIII : Notes de risque globales I-phy Air pour les molécules utilisées en traitement grandes cultures lors de l'enquête ARAA sur les pratiques 2012 et 2013 (Striebel, 2015)

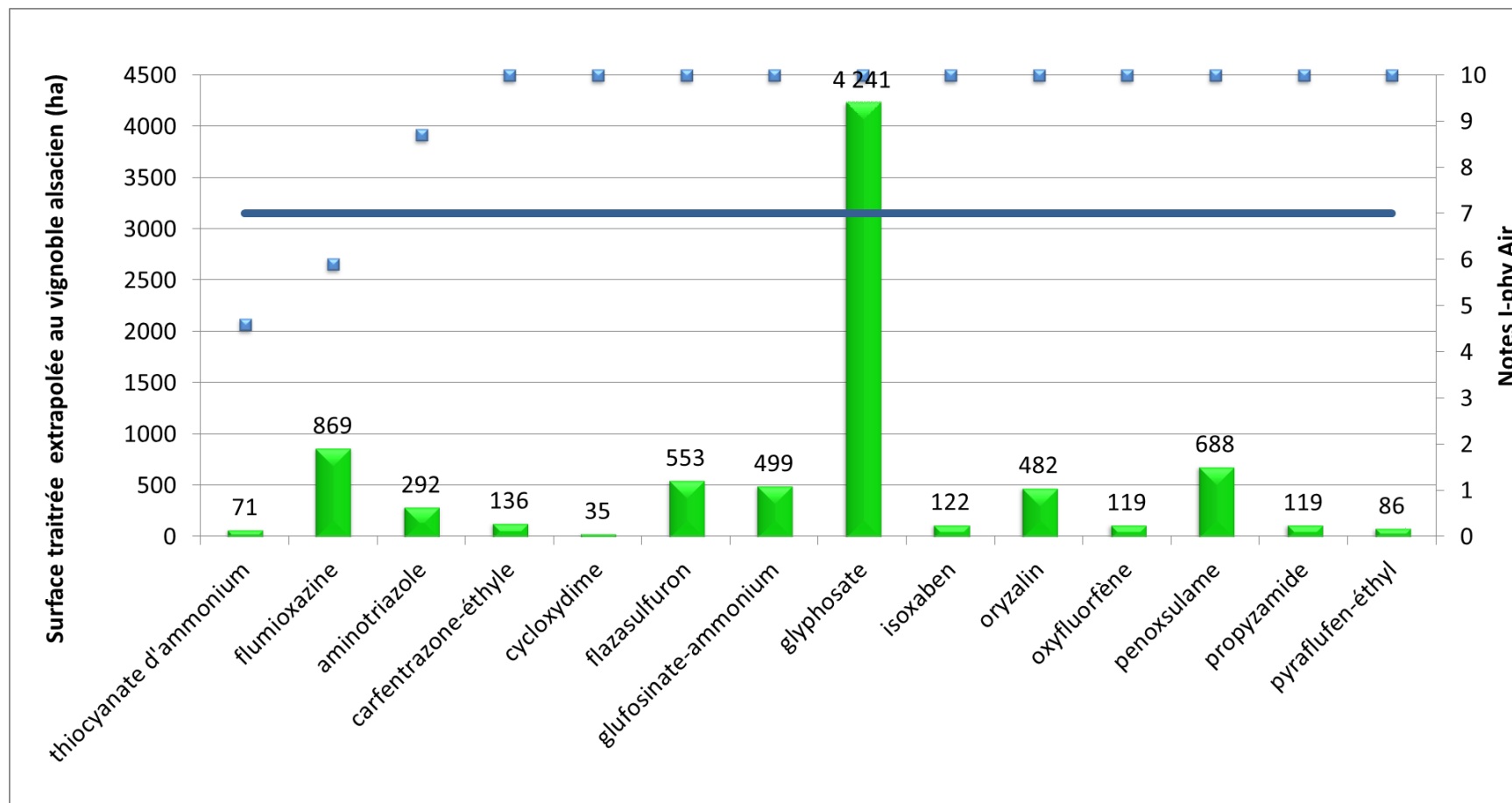
Substance active	Usage	Nombre d'utilisation dans l'enquête	Note I-phy moyenne par traitement	Valeur minimale de la note I-phy	Valeur maximale de la note I-phy
dichlormide	Herbicide	51	1,7	1,6	1,9
spiroxamine	Fongicide	15	2,8	1,9	3,5
fenpropimorphe	Fongicide	8	3,2	3,1	3,6
pendiméthaline	Herbicide	12	4,2	4,2	4,3
trinexapac-éthyl	Régulateur de croissance	2	4,5	3,9	5,1
éthéphon	Régulateur de croissance	7	4,9	4,2	5,9
S-métolachlore	Herbicide	140	5,2	3,3	6,8
bifénox	Herbicide	7	5,5	4,5	6,5
dimethenamid-p	Herbicide	43	6,5	5,6	7,6
prosulfoarbe	Herbicide	1	6,7	6,7	6,7
2,4-MCPA	Herbicide	29	7,0	4,7	8,8
clopyralid	Herbicide	17	7,3	4,9	9,1
dicamba	Herbicide	209	7,3	3,9	9,9
prochloraze	Fongicide	52	7,4	6,9	9,3
chlorothalonil	Fongicide	32	7,6	7,0	8,7
bentazone	Herbicide	6	7,9	6,8	9,2
mécoprop-P	Herbicide	21	8,1	6,4	10,0
bénoxacor	Herbicide	146	8,3	7,4	9,2
dichlorprop-P	Herbicide	12	8,8	7,5	9,8
téfluthrine	Insecticide	34	9,4	9,4	9,5
propiconazole	Fongicide	21	9,6	9,1	10,0
acétochlore	Herbicide	51	9,9	9,8	10,0
glyphosate	Herbicide	24	9,9	9,7	10,0
2,4 D sel diméthylamine	Herbicide	4	10,0	10,0	10,0
aclonifen	Herbicide	55	10,0	10,0	10,0
cyperméthrine	Insecticide	203	10,0	9,9	10,0
alphaméthrine	Insecticide	2	10,0	10,0	10,0
amidosulfuron	Herbicide	1	10,0	10,0	10,0
azoxystrobine	Fongicide	35	10,0	10,0	10,0
betacyfluthrine	Insecticide	4	10,0	10,0	10,0
bixafen	Fongicide	6	10,0	10,0	10,0
boscalid	Fongicide	23	10,0	10,0	10,0
bromoxynil octanoate	Herbicide	52	10,0	10,0	10,0
carfentrazone-éthyle	Herbicide	4	10,0	10,0	10,0
chlorantraniliprole	Insecticide	1	10,0	10,0	10,0
chlorméquat chlorure	Régulateur de croissance	42	10,0	10,0	10,0
cloquintocet-mexyl	Herbicide	4	10,0	10,0	10,0
cyfluthrine	Insecticide	1	10,0	10,0	10,0
cyproconazole	Fongicide	32	10,0	10,0	10,0
cyprosulfamide	Herbicide	14	10,0	10,0	10,0
deltaméthrine	Insecticide	15	10,0	10,0	10,0
diflufenicanil	Herbicide	27	10,0	10,0	10,0
époconazole	Fongicide	65	10,0	10,0	10,0
fénoxaprop-p-éthyl	Herbicide	28	10,0	10,0	10,0
florasulam	Herbicide	21	10,0	10,0	10,0
flupyrsulfuron-méthyl	Herbicide	2	10,0	10,0	10,0
fluroxypyr	Herbicide	45	10,0	10,0	10,0
flurtamone	Herbicide	6	10,0	10,0	10,0
foramsulfuron	Herbicide	7	10,0	10,0	10,0

imazaquine	Régulateur de croissance	14	10,0	10,0	10,0
proflumetsulfuron-méthyl-sodium	Herbicide	68	10,0	10,0	10,0
ioxynil	Herbicide	8	10,0	10,0	10,0
isoproturon	Herbicide	23	10,0	10,0	10,0
isoxadifen-éthyl	Herbicide	42	10,0	10,0	10,0
isoxaflutole	Herbicide	74	10,0	10,0	10,0
krésoxim-méthyl	Fongicide	2	10,0	10,0	10,0
lambda-cyhalothrine	Insecticide	16	10,0	10,0	10,0
laminarine	Stimulateur de défenses naturelles	1	10,0	10,0	10,0
méfénpyr-diéthyl	Herbicide	63	10,0	10,0	10,0
mépiquat-chlorure	Régulateur de croissance	7	10,0	10,0	10,0
mesosulfuron-méthyle	Herbicide	40	10,0	10,0	10,0
mésotrione	Herbicide	237	10,0	10,0	10,0
metconazole	Fongicide	23	10,0	10,0	10,0
metsulfuron méthyle	Herbicide	12	10,0	10,0	10,0
nicosulfuron	Herbicide	246	10,0	10,0	10,0
pinoxaden	Herbicide	2	10,0	10,0	10,0
prosulfuron	Herbicide	75	10,0	10,0	10,0
prothioconazole	Fongicide	84	10,0	10,0	10,0
pyraclostrobine	Fongicide	9	10,0	10,0	10,0
pyroxsulame	Herbicide	2	10,0	10,0	10,0
rimsulfuron	Herbicide	1	10,0	10,0	10,0
sulcotrione	Herbicide	17	10,0	10,0	10,0
tébuconazole	Fongicide	101	10,0	10,0	10,0
tembotrione	Herbicide	45	10,0	10,0	10,0
thiencarbazone-méthyle	Herbicide	4	10,0	10,0	10,0
thifensulfuron-méthyle	Herbicide	4	10,0	10,0	10,0
thiophanate-méthyle	Fongicide	2	10,0	10,0	10,0
tribénuron-méthyle	Herbicide	3	10,0	10,0	10,0
trifloxystrobine	Fongicide	8	10,0	10,0	10,0
tritosulfuron	Herbicide	11	10,0	10,0	10,0
zetacyperméthrine	Insecticide	11	10,0	10,0	10,0

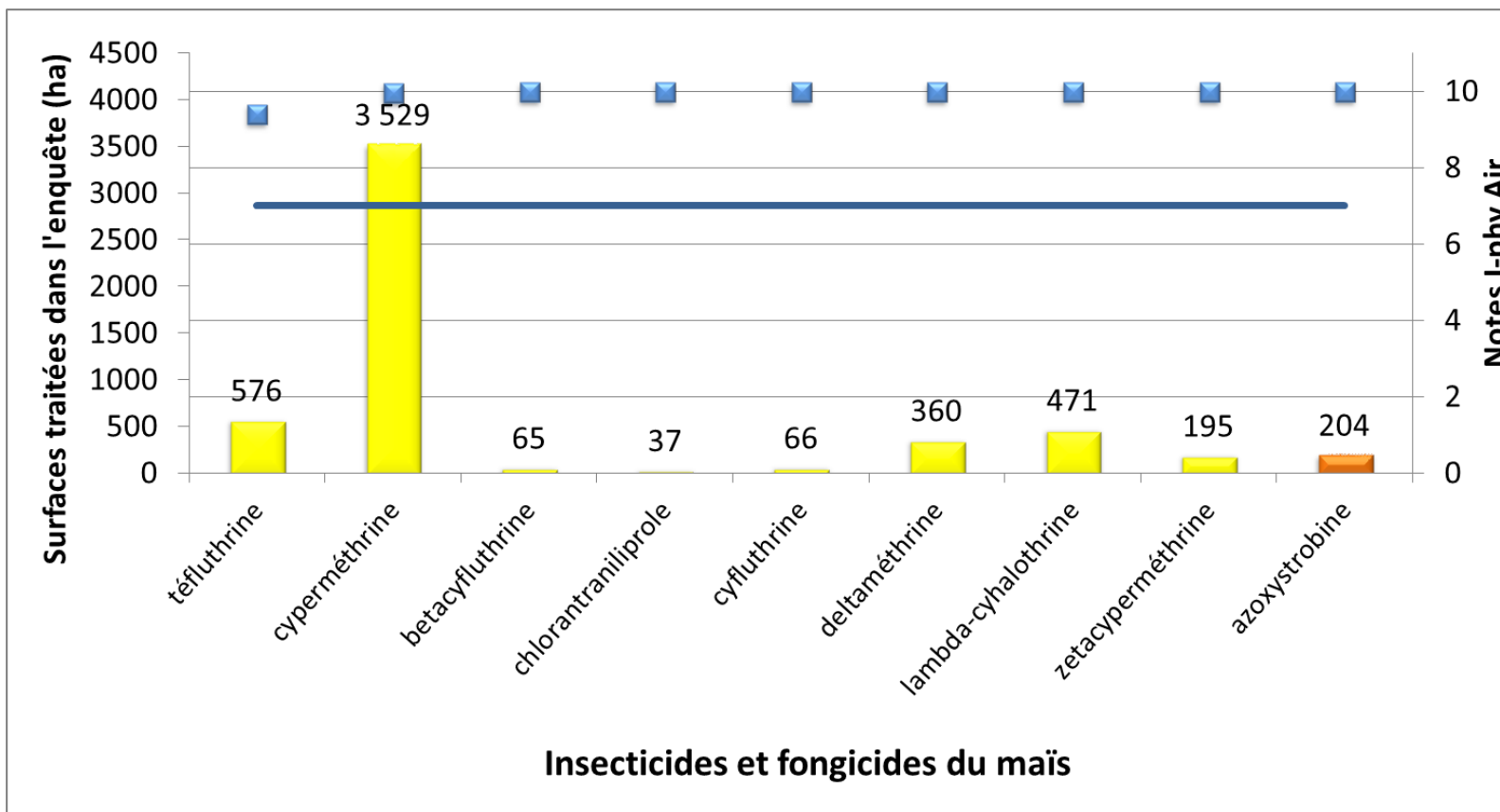
Molécule retrouvée dans l'air lors des campagnes de l'APSPA

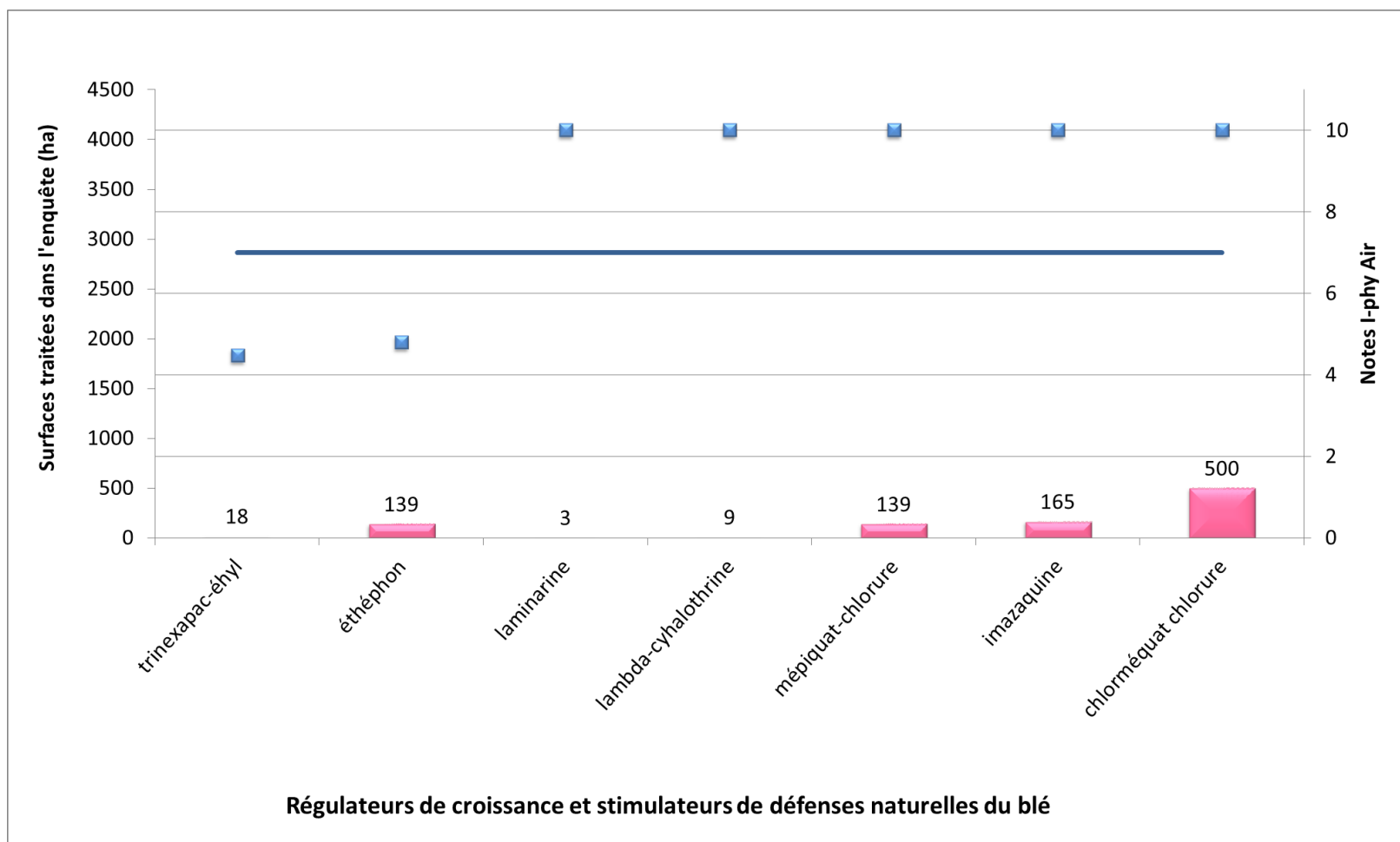
Molécule recherchée dans l'air lors des campagnes de l'APSPA mais non retrouvée

ANNEXE XIV: Notes I-phy Air des herbicides par surfaces traitées extrapolées au vignoble alsacien lors de l'enquête AGRESTE sur les pratiques viticoles 2013 (Striebel, 2015)



ANNEXE XV : Notes I-phy Air des insecticides et fongicides du maïs et des régulateurs de croissance et stimulateurs de défenses naturelles du blé par surface traitée lors de l'enquête ARAA sur les pratiques agricoles en grandes cultures 2012 et 2013 (Striebel, 2015)

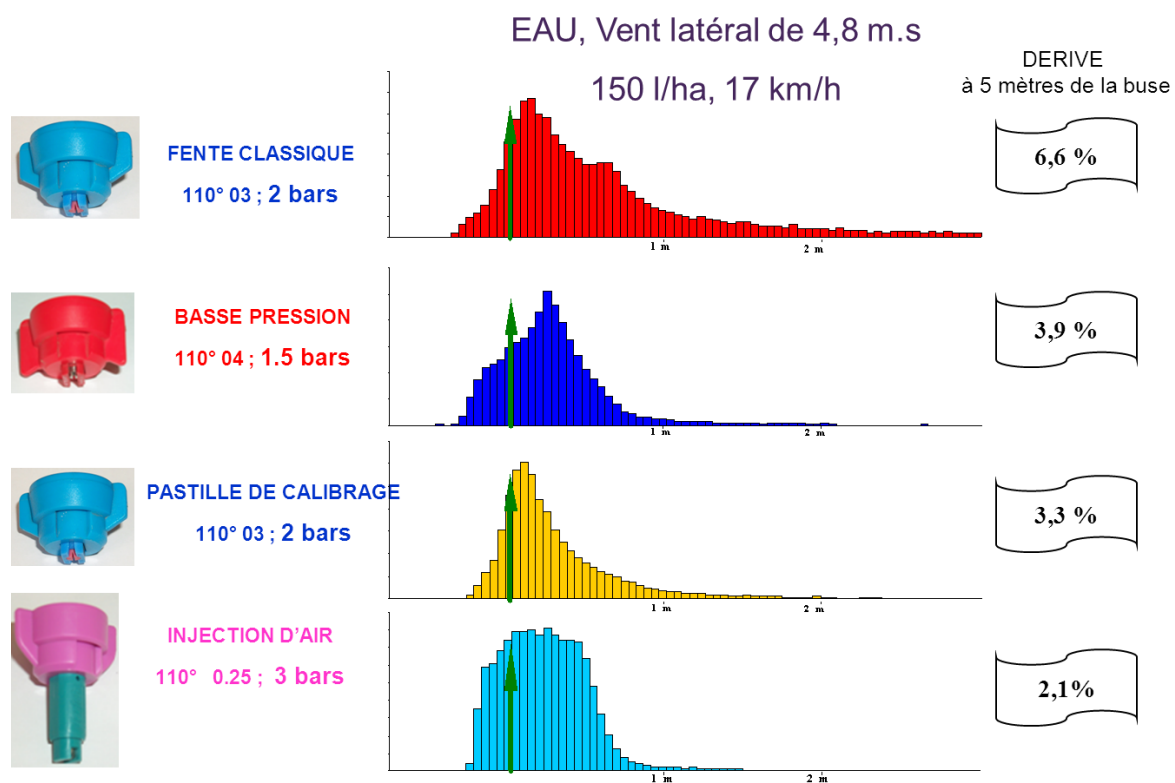




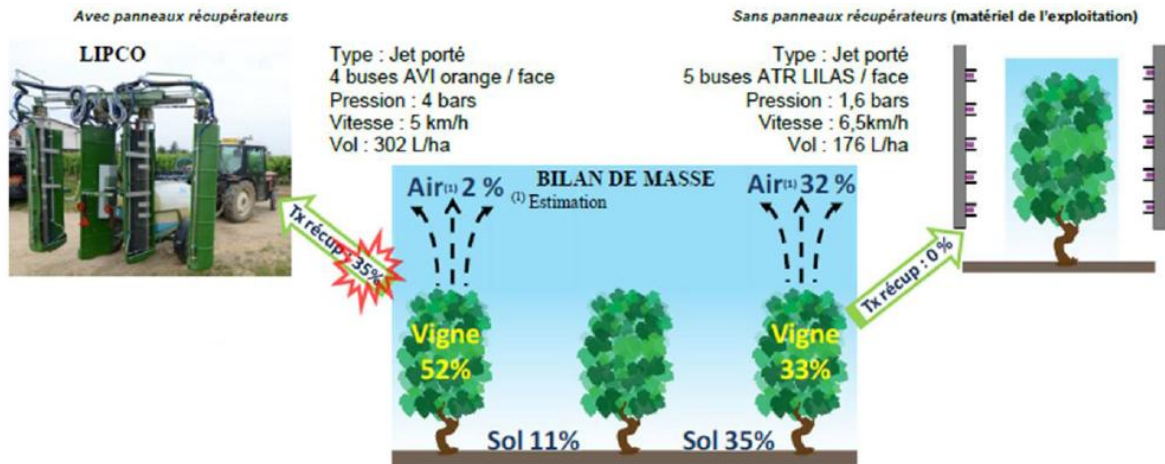
ANNEXE XVI : Comparaison de stratégies de désherbage et effet sur les notes I-phy Air et I-phy ESO (eaux souterraines) (Striebel, 2015)

Produit et stratégie de désherbage	Date Traitement	Dose produit (kg ou l/ha)	Matière Active	Couverture du sol	Risque Global Eaux souterraines	Risque Global I-phy Air 2
Isard prélevée	10/04/15	1,20	dimethenamid-p	0%	8,2	6,4
Isard prélevée 1/2	10/04/15	0,60	dimethenamid-p	0%	8,4	7,4
Isard post-précoce	10/05/15	1,00	dimethenamid-p	6%	8,3	6,8
Isard post-précoce 1/2	10/05/15	0,50	dimethenamid-p	6%	8,4	7,6
Isard post	25/05/15	0,80	dimethenamid-p	16%	8,5	4,1
Isard post 1/2	25/05/15	0,40	dimethenamid-p	16%	8,7	4,7
Dual Gold prélevée 1/2	10/04/15	0,75	S-métolachlore	0%	4,3	6,1
DualGoldPrélevé	10/04/15	1,50	S-métolachlore	0%	3,2	5,3
DualGold Post-précoce	10/05/15	1,20	S-métolachlore	6%	3,7	5,4
DualGold post-précoce 1/2	10/05/15	0,60	S-métolachlore	6%	4,7	6,4
DualGold post	25/05/15	1,00	S-métolachlore	16%	4,4	2,8
DualGold post 1/2	25/05/15	0,50	S-métolachlore	16%	5,4	3,8

ANNEXE XVII : Effet du choix des buses sur la dérive en grandes cultures (ARVALIS, 2015)



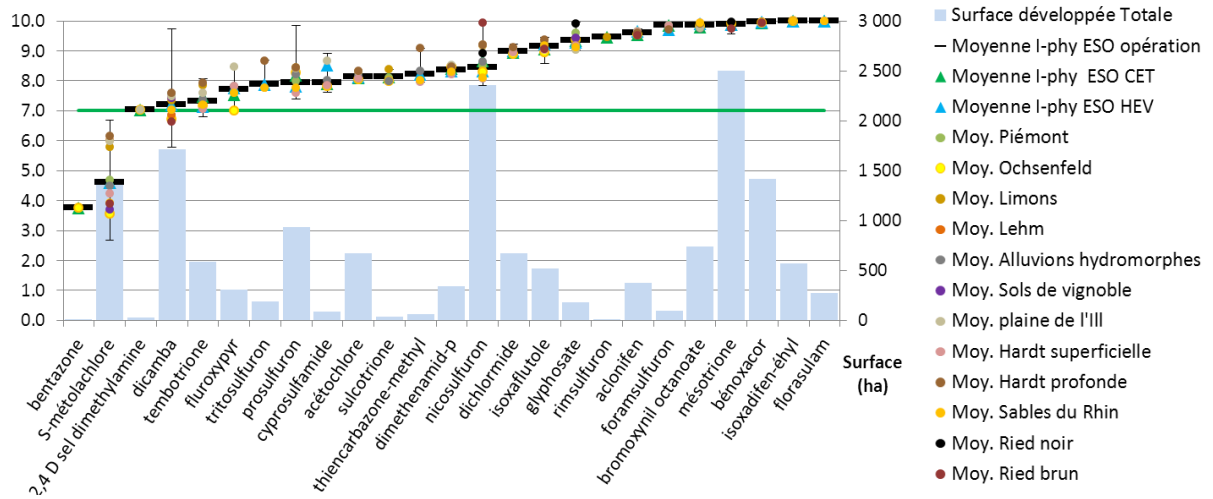
ANNEXE XVIII : Effet des panneaux récupérateurs. Extrait de : « Réduire les intrants : que peut-on attendre des panneaux récupérateurs ? » Alexandre Davy, IFV- Vinopôle Bordeaux Aquitaine



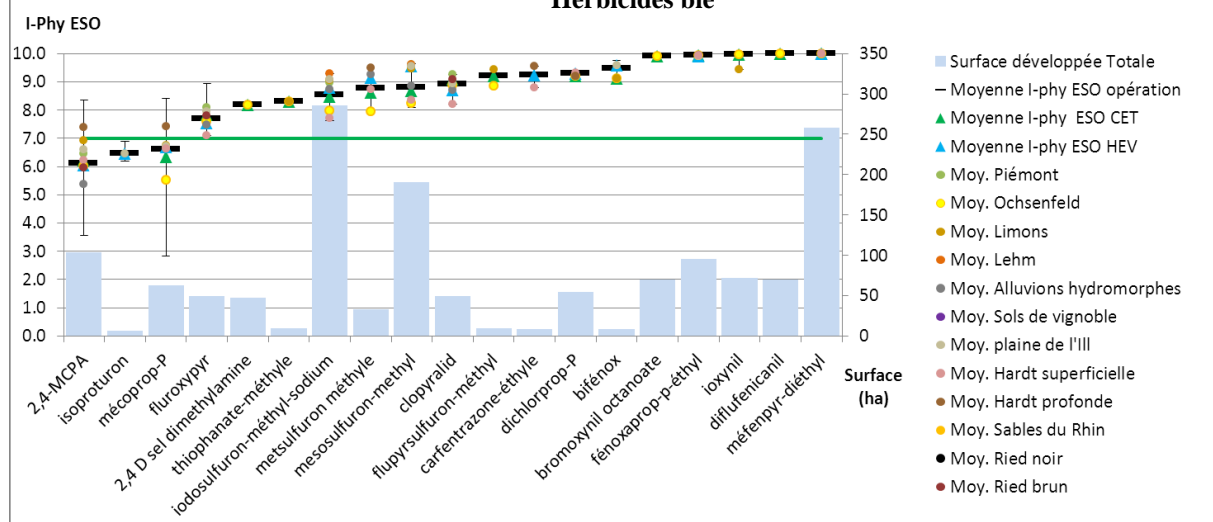
ANNEXE XIX : Notes de risque I-phy eaux souterraines et surface par substance active issues de l'enquête EVALUATION 2014 des opérations Agri-Mieux Hardt Eau Vive et Collines, Eau et Terroirs (ARAA, 2013)

I-phy ESO

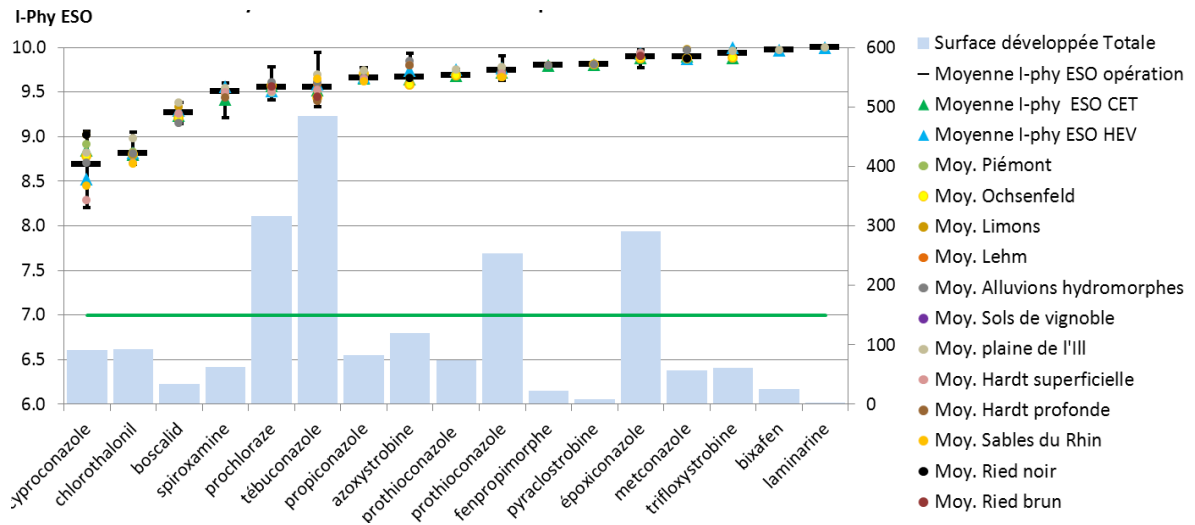
Substances actives maïs



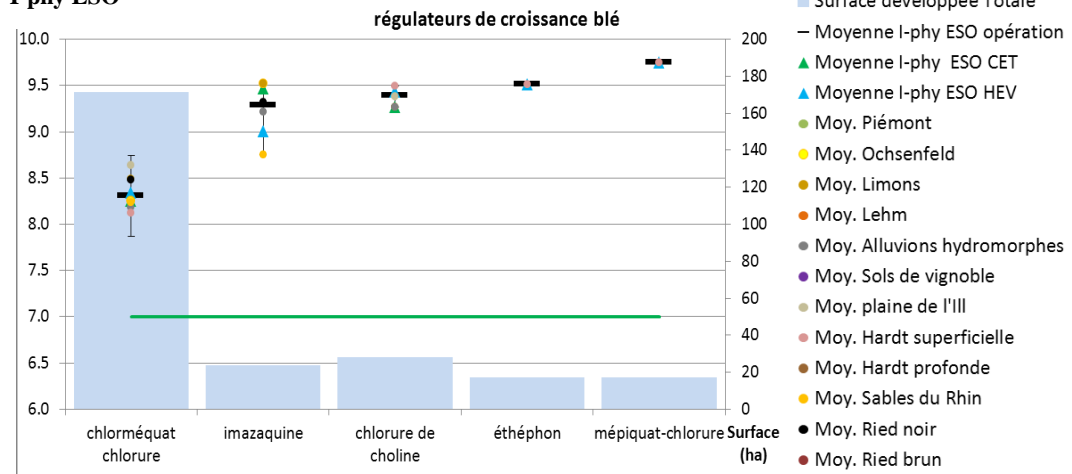
Herbicides blé



Fongicides blé



I-phy ESO



Traitements phytosanitaires en viticulture et qualité de l'air en Alsace

La topographie de l'Alsace étant en cuvette avec les Vosges à l'ouest et la Forêt Noire à l'est, la **pollution de l'air** est une thématique particulièrement importante dans la région. Depuis 2013, un suivi des produits phytosanitaires dans l'air est réalisé par l'ASPA (Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution atmosphérique en Alsace) et a révélé la **présence d'un certain nombre de molécules phytosanitaires dans l'air**.

Des actions sont menées par la Chambre d'Agriculture afin d'identifier les mécanismes des pertes de produits phytosanitaires dans l'air et les moyens de les limiter.



Pertes de produit phytosanitaire par dérive lors d'un traitement, entraînant une **perte d'efficacité** et une **pollution de l'air**.

Comment les produits phytosanitaires se retrouvent-ils dans l'air ?

Les produits phytosanitaires peuvent ne pas atteindre leur cible et se retrouver dans l'air par deux phénomènes majeurs : la volatilisation et la dérive.

La **volatilisation** est le passage d'un produit de la forme liquide à la forme gazeuse. Elle a lieu en général après l'application du produit et peut durer de quelques heures à quelques jours. Elle peut se faire depuis le sol ou depuis la plante voire même depuis une surface liquide.

La **dérive** a lieu lors de l'application du produit : une partie de celui-ci n'atteint pas sa cible et est transportée hors de la zone traitée. Des gouttelettes trop fines peuvent se retrouver dans l'air sous forme liquide voire se volatiliser directement et se retrouver dans l'air sous forme gazeuse.

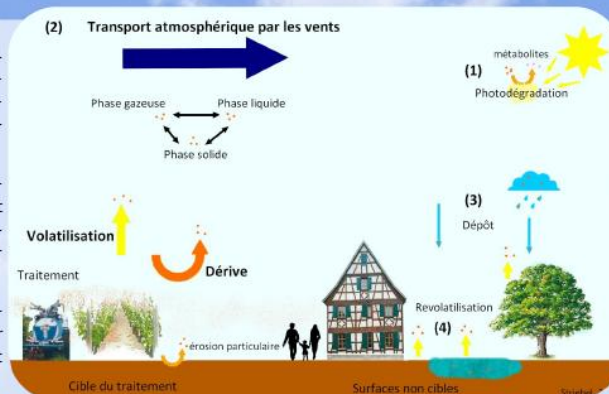
Un phénomène appelé **érosion particulaire** peut également avoir lieu : suite à l'érosion éolienne des molécules phytosanitaires fixées sur des poussières se retrouvent dans l'air. Ce phénomène est cependant très négligeable sous nos climats.

LOGOS

Que se passe-t-il une fois que les produits phytosanitaires sont dans l'air ?

Une fois dans l'air les molécules phytosanitaires peuvent se trouver sous forme liquide, solide ou gazeuse selon les conditions climatiques et subir plusieurs phénomènes différents :

- ◆ la **photodégradation**, les molécules sont dégradées par le soleil et donnent naissance à d'autres molécules de dégradation : les **métabolites (1)**
- ◆ la dispersion par le vent et le **transport atmosphérique** qui peut aller très loin si les molécules sont stables **(2)**
- ◆ le dépôt sur une surface qui n'est pas la surface cible **(3)**
- ◆ Une fois redéposé, le produit peut à nouveau se retrouver dans l'air par **re-volatilisation** lorsque les conditions sont favorables. **(4)**



Cycle des produits phytosanitaires dans l'air

Par ces phénomènes, les molécules phytosanitaires atteignent des surfaces non cibles telles que : des cultures voisines, des zones naturelles, des cours d'eau mais également des habitations.

Quels sont les effets de ces phénomènes ?

Effets sur la santé

Les dangers des produits phytosanitaires peuvent se manifester sous deux formes :

- ◆ les **intoxications aiguës** liées à une très forte exposition pendant un temps court qui peuvent toucher les agriculteurs lors de la préparation de la bouillie et de la manipulation des produits.
- ◆ les **intoxications chroniques** liées à une exposition à de plus faibles concentrations à long terme qui peuvent toucher toute la population.

Dans l'air les produits phytosanitaires se retrouvent dans des concentrations de l'ordre du nanogramme par mètre cube. Aujourd'hui aucune étude ne permet de montrer l'impact sur l'homme d'une exposition à de si faibles concentrations à plus ou moins long terme.

Effets sur l'agriculture

Les pertes de produits phytosanitaires dans l'air engendrent dans un premier temps une baisse d'efficacité du traitement puisque les plantes cibles ne sont pas traitées avec la dose voulue. De plus, une fois dans l'air, les produits phytosanitaires peuvent se déplacer, se redéposer sur des cultures non cibles et donner lieu à des dégâts tel que de la phytotoxicité.

Quels sont les facteurs qui augmentent le risque de dérive ?

Mauvais réglage du pulvérisateur

Vent fort

Stade de la culture jeune

Température élevée

Gouttelettes trop fines

Vitesse d'avancement élevée (>9km/h)

Quels sont les facteurs qui augmentent le risque de volatilisation ?

Température élevée (>25°C)

Vent

Mauvaise application des produits

Faible hygrométrie (<60 %)

Volet 1

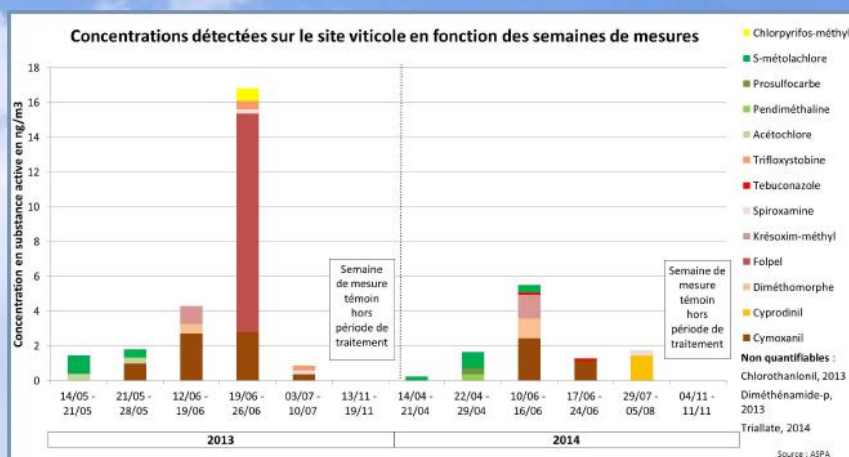
Résultats des campagnes de mesure de produits phytosanitaires dans l'air en Alsace sur le site viticole

Depuis 2013, l'ASPA effectue chaque année des mesures de produits phytosanitaires dans l'air. Les mesures se basent sur une liste restreinte de molécules choisies en fonction de leur forte volatilité, de leur grande utilisation dans la région et de leur forte toxicité. Elles sont réalisées sur des sites avec différents profils à tendance viticole, grandes cultures, arboricole, maraîchage et urbaine. Ces sites varient selon les années excepté les sites à tendance viticole et grandes cultures situés respectivement à Kintzheim (67) et Ohnenheim (67).

Ces mesures ont montré la présence de produits phytosanitaires dans l'air dans des concentrations de l'ordre du **nanogramme par mètre cube** soit **une baie de raisin dans 10 milliards d'hectolitre de vin**. Globalement, les molécules retrouvées correspondent à des traitements de cultures présentes sur le site considéré. Ces mesures se perfectionnent au fil des années et un protocole national de surveillance des produits phytosanitaires dans l'air est également en cours d'élaboration.



Photo d'un préleveur



Seize molécules différentes ont été retrouvées sur le site viticole en 2013 et 2014. Les mesures se faisant de manière discontinue 5 fois par an sur des périodes de 1 semaine et sur une liste restreinte de molécules, cela n'est pas représentatif de tout ce qui se trouve dans l'air. Des semaines de mesures témoins ont été réalisées en hiver, elles ont montré des concentrations nulles en molécules phytosanitaires.

Molécules retrouvées et quantifiées

Herbicides : acétochlorbe (maïs, interdit depuis 2013), prosulfoclorbe (grandes cultures), pendiméthaline, S-métolachlore (grandes cultures)

Fongicides : cymoxanil, cyprodinil, diméthomorphe, folpel, krésoxim-méthyl, spiroxamine, tébuconazole, trifloxystrobine

Insecticides : chlorpyrifos-méthyl

Molécules retrouvées dans des concentrations non quantifiables (inférieures à 0.12ng/m^3) : chlorothalonil, diméthnamide-p, 2013, triallate

Les molécules retrouvées correspondent au calendrier de traitement de la vigne. Le cymoxanil qui correspond à un traitement contre le mildiou est celle que l'on retrouve le plus. On peut voir un pic de folpel la semaine du 19 juin 2013, période de fort vent. Il pourrait provenir de dérive à cette période d'où l'importance de traiter dans de bonnes conditions. Certaines molécules peuvent venir d'autres cultures que la vigne notamment pour les herbicides car il y a présence à proximité de la zone de prélèvement de culture de céréales et d'arboriculture.

Comment limiter la pollution de l'air et améliorer l'efficacité de mes traitements ?

Les conditions météorologiques idéales

Hygrométrie supérieure à 60%

Vent faible (entre 0.5 et 3m/s soit entre 2 et 11km/h)

Température entre 8 et 20°C

Les facteurs météorologiques peuvent amplifier la dérive, en effet **plus le vent est fort, plus les gouttelettes peuvent être déviées, devenir plus fines voir se volatiliser**. L'idéal serait de disposer d'un **anémomètre** afin de pouvoir adapter la vitesse de traitement au vent. Lorsque le vent devient plus fort, il faut diminuer la vitesse d'avancement voir reporter le traitement si les conditions ne sont plus favorables. La température joue également un rôle puisqu'elle va déterminer la taille des gouttelettes, **plus elle est élevée et plus la bouillie va s'évaporer**. Les **applications tôt le matin ou tard le soir** vont permettre de travailler dans de bonnes conditions d'hygrométrie et de température. L'idéal est d'éviter les interventions aux heures chaudes de la journée (température supérieure à 25°C).

La volatilisation a lieu aussi après le traitement, les **conditions météorologiques après le traitement** vont donc également avoir un impact. Dans le cas de produits systémiques ou pénétrants, les molécules sont destinées à pénétrer dans la plante et deviennent indisponibles pour la volatilisation. Pour limiter la volatilisation et favoriser l'efficacité il faut **favoriser la pénétration dans la plante**. Pour cela il faut traiter si possible par temps poussant (hygrométrie supérieure à 60% et température entre 20 et 22°C).

Chaque produit phytosanitaire a cependant besoin d'une hygrométrie et d'une température différente selon son mode d'action. Une température trop élevée peut favoriser l'évaporation de la bouillie et limiter la pénétration du produit dans la plante. De plus, elle peut entraîner

Optimisation des réglages du matériel

Régler le pulvérisateur en fonction de la vitesse d'avancement

Ajuster la vitesse d'avancement au vent

Fermer les buses n'atteignant pas la cible

Utiliser la pression de pulvérisation recommandée par le fabricant pour les buses

Le **choix du pulvérisateur ainsi que ses réglages** vont fortement impacter la dérive. Les pertes par dérive sont également plus fortes en début de saison quand la vigne n'est pas totalement développée. Il est donc très important de **fermer les buses n'atteignant pas le feuillage en début de saison et d'ouvrir uniquement les buses en direction des grappes pour les traitements insecticides et contre le botrytis**.



Contrôle du débit des buses et de la qualité de pulvérisation avec des papiers hydrosensibles.



L'IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin) propose un outil en ligne pour le calibrage du pulvérisateur: <http://www.vignevin-sudouest.com/services-professionnels/formulaires-calcul/reglages-pulverisateur.php>

Contrôler la qualité de pulvérisation

Adaptation de la dose

L'adaptation de la dose de produit appliquée à la pression sanitaire permet de diminuer les doses et donc les pertes vers l'air quand cela est possible. L'outil **Optidose®** disponible gratuitement en ligne est utilisé par les viticulteurs des fermes DEPHY et semble avoir satisfait la plupart de ses utilisateurs.

Adapter les doses à la pression sanitaire



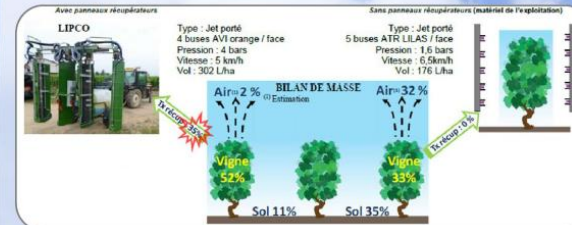
Interface de l'outil **Optidose®** :

<http://www.vignevin-epicure.com/index.php/fre/optidose2/optidose>

Les solutions techniques envisageables

Les **panneaux récupérateurs** sont destinés à intercepter le produit qui n'atteint pas la cible et à le renvoyer dans le circuit. Cela permet de diminuer fortement la dérive et d'améliorer la pulvérisation sur la vigne. Leur effet bénéfique a été testé et prouvé par des expérimentations menées par l'IFV (Institut Français de la Vigne et du Vin) .

Utiliser des panneaux récupérateurs



Réduire les intrants : que peut-on attendre des panneaux récupérateurs ?
Alexandre Davy, IFV – Vinopôle Bordeaux Aquitaine.

Deux modèles de pulvérisateurs à panneaux récupérateurs ont été testés. Ils ont obtenus des résultats très intéressants. Jusqu'à 40% de la bouillie est récupérée et les pertes sont de -88% sur le sol et -66% dans l'air.

Des essais de mesure de la dérive ont été réalisés par l'IFV à l'aide d'un banc de vigne artificiel. Ce banc de vigne permet de mesurer les pertes sur le sol et dans l'air ainsi que la quantité de produit atteignant la vigne. Avec un pulvérisateur de type jet porté par exemple, les pertes dans l'air peuvent atteindre 32% et les doses appliquées sur la vigne peuvent être en sous dosage par rapport à la dose voulue.

Des **Techniques de Réduction de la Dérive de Pulvérisation (TRDP)** ont été homologuées. Elles garantissent une réduction significative de la dérive et permettent également de réduire les zones de non traitement (ZNT). En viticulture quatre modèles de rampe sont homologués.

Utiliser des TRDP homologuées

Il existe **buses anti-dérive** destinées au traitement de la vigne. Celles-ci pulvérisent de grosses gouttes remplies d'air qui éclatent en fines gouttelettes au contact de la culture évitant ainsi la dérive. Elles peuvent être utilisées pour la pulvérisation du feuillage. Il est cependant préférable de garder des buses traditionnelles pour le traitement des grappes.

Utiliser des buses anti-dérive pour la pulvérisation du feuillage

Qu'en dit la réglementation ?

Il n'existe actuellement aucun seuil de concentration de matières actives dans l'air à ne pas dépasser comme c'est le cas pour l'eau et les aliments. Cela est dû pour le moment à un manque de connaissance. De nouvelles réglementations obligent à réaliser des **mesures de phytopharmacovigilance dans l'air** comme celle réalisées par l'ASPA afin de mieux connaître les produits que l'on retrouve dans l'atmosphère.

Au niveau des mesures de prévention de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires, un arrêté **interdit de traiter lorsque le vent a une intensité supérieure à 3 Beaufort soit 19km/h** et oblige à **mettre en œuvre des moyens appropriés pour éviter les pertes de produits en dehors de la zone traitée** lors de l'application. Une directive européenne **interdit l'épandage aérien de produits phytosanitaires** et aucune dérogation n'est aujourd'hui possible. La LAAF (Loi d'Avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt) **interdit également l'utilisation de produits à risque dans les lieux fréquentés par des enfants**.

Conclusion et Perspectives

Les produits phytosanitaires peuvent se retrouver dans l'air par dérive ou par volatilisation. Dans les deux cas traiter dans des conditions météorologiques optimales et avec du matériel bien calibré et adapté au stade de la culture permet déjà de réduire les pertes et donc de gagner en efficacité de traitement et diminuer la pollution de l'air.

Une fois dans l'air les produits phytosanitaires peuvent atteindre des surfaces non cibles comme des points d'eau, d'autres cultures ou des personnes. Les conséquences d'une exposition à long terme à de petites quantités de produit de l'ordre du nanogramme par mètre cube ne sont pour le moment pas connues et aucune réglementation n'existe en terme de concentration limite dans l'air.

Les bonnes pratiques de l'utilisation des produits phytosanitaires vont dans le sens d'une amélioration de l'efficacité et de la réduction des pollutions. On continue cependant d'explorer de nouvelles mesures innovantes.

L'ASPA continue sa campagne de mesure annuelle en l'améliorant d'année en année. La Chambre d'Agriculture et la DRAAF (Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Alimentation, de l'Agro-Alimentaire et de la Forêt) sont impliquées dans l'amélioration des connaissances et dans la recherche de moyens permettant de limiter les pertes vers l'air.

Contacts :

Traitements phytosanitaires en grandes cultures et qualité de l'air en Alsace

La topographie de l'Alsace étant en cuvette avec les Vosges à l'ouest et la Forêt Noire à l'est, la **pollution de l'air** est une thématique particulièrement importante dans la région. Depuis 2013, un suivi des produits phytosanitaires dans l'air est réalisé par l'ASPA (Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution atmosphérique en Alsace) et a révélé la **présence d'un certain nombre de molécules phytosanitaires dans l'air**.

Des actions sont menées par la Chambre d'Agriculture afin d'identifier les mécanismes des pertes de produits phytosanitaires dans l'air et les moyens de les limiter.



Pertes de produit phytosanitaire par dérive lors d'un traitement, entraînant une **perte d'efficacité** et une **pollution de l'air**.

Comment les produits phytosanitaires se retrouvent-ils dans l'air ?

Les produits phytosanitaires peuvent ne pas atteindre leur cible et se retrouver dans l'air par deux phénomènes majeurs : la volatilisation et la dérive.

La **volatilisation** est le passage d'un produit de la forme liquide à la forme gazeuse. Elle a lieu en général après l'application du produit et peut durer de quelques heures à quelques jours. Elle peut se faire depuis le sol ou depuis la plante voire même depuis une surface liquide.

La **dérive** a lieu lors de l'application du produit : une partie de celui-ci n'atteint pas sa cible et est transportée hors de la zone traitée. Des gouttelettes trop fines peuvent se retrouver dans l'air sous forme liquide voire se volatiliser directement et se retrouver dans l'air sous forme gazeuse.

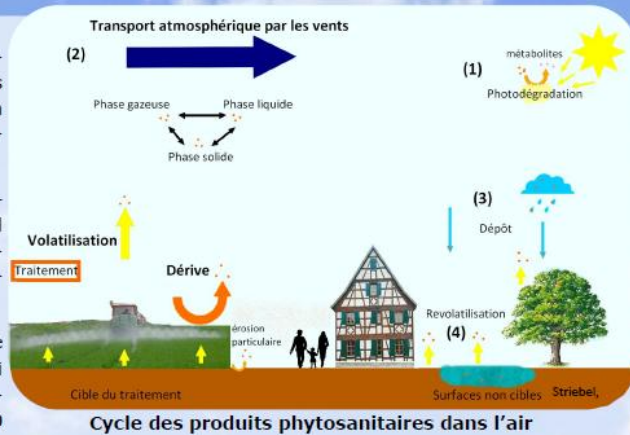
Un phénomène appelé **érosion particulaire** peut également avoir lieu : suite à l'érosion par le vent des molécules phytosanitaires fixées sur des poussières se retrouvent dans l'air. Ce phénomène est cependant très négligeable sous nos climats.

LOGOS

Que se passe-t-il une fois que les produits phytosanitaires sont dans l'air ?

Une fois dans l'air les molécules phytosanitaires peuvent se trouver sous forme liquide, solide ou gazeuse selon les conditions climatiques et subir plusieurs phénomènes différents :

- ◆ la **photodégradation**, les molécules sont dégradées par le soleil et donnent naissance à des molécules de dégradation : les **métabolites (1)**
- ◆ la **dispersion par le vent** et le **transport atmosphérique** qui peut aller très loin si les molécules sont stables (plus de 1000 km) **(2)**
- ◆ le **dépôt** sur une surface qui n'est pas la surface cible **(3)**
- ◆ Une fois redéposé, le produit peut à nouveau se retrouver dans l'air par **re-volatilisation** lorsque les conditions sont favorables. **(4)**



Par ces phénomènes, les molécules phytosanitaires atteignent des surfaces non cibles telles que : des cultures voisines, des zones naturelles, des cours d'eau mais également des habitations.

Quels sont les effets de ces phénomènes ?

Effet sur la santé

Les dangers des produits phytosanitaires peuvent se manifester sous deux formes :

- ◆ les **intoxications aiguës** liées à une très forte exposition pendant un temps court qui peuvent toucher les agriculteurs lors de la préparation de la bouillie et de la manipulation des produits.
- ◆ les **intoxications chroniques** liées à une exposition à de plus faibles concentrations à long terme qui peuvent toucher toute la population.

Dans l'air les produits phytosanitaires se retrouvent dans des concentrations de l'ordre du nanogramme par mètre cube. Aujourd'hui aucune étude ne permet de montrer l'impact sur l'homme d'une exposition à de si faibles concentrations à plus ou moins long terme.

Effet sur l'agriculture

Les pertes de produits phytosanitaires dans l'air engendrent dans un premier temps une perte d'efficacité du traitement puisque les plantes cibles ne sont pas traitées avec la dose voulue. De plus, une fois dans l'air, les produits phytosanitaires peuvent se déplacer, se redéposer sur des cultures non cibles et donner lieu à des dégâts tel que de la phytotoxicité.

Quels sont les facteurs qui augmentent le risque de dérive ?

- Mauvais réglage du pulvérisateur
- Vent fort
- Gouttelettes trop fines
- Température élevée
- Vitesse d'avancement élevée (>9 hm/h)

Quels sont les facteurs qui augmentent le risque de volatilisation ?

- Température élevée (>25°C)
- Vent
- Mauvaise qualité de pulvérisation
- Faible hygrométrie (<60%)

Volet 1

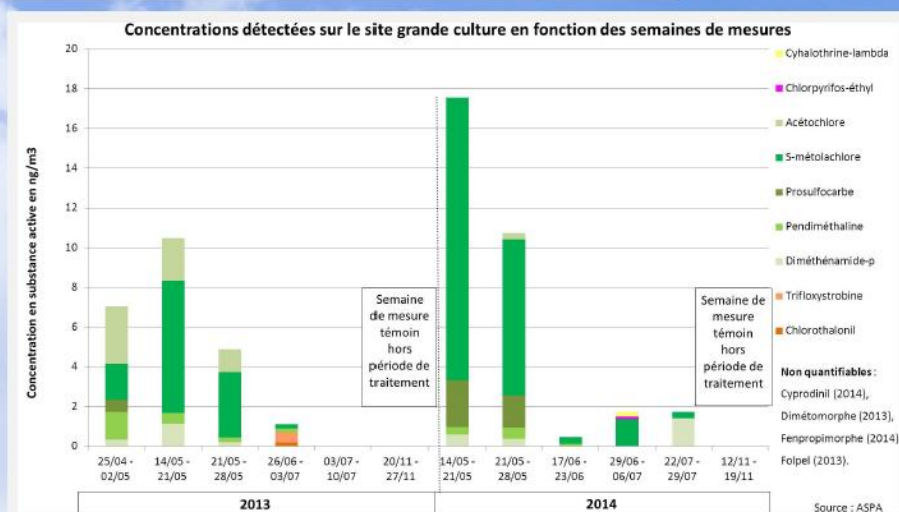
Résultats des campagnes de mesure de molécules phytosanitaires dans l'air en Alsace sur le site grandes cultures

Depuis 2013, l'ASPA effectue chaque année des mesures de molécules phytosanitaires dans l'air. Les mesures se basent sur une liste restreinte de molécules choisies en fonction de leur volatilité, de leur utilisation dans la région et de leur toxicité. Elles sont réalisées sur des sites avec différents profils à tendance « viticole », « grandes cultures », « arboricole », « maraîchage » et « urbaine ». Ces sites varient selon les années excepté les sites à tendance « viticole » et « grandes cultures » situés respectivement à Kintzheim (67) et Ohnenheim (67).

Ces mesures ont montré la présence de molécules phytosanitaires dans l'air dans des concentrations de l'ordre du **nanogramme par mètre cube** soit **un grain de maïs dans 1 milliards de semi-remorque**. Globalement, les molécules retrouvées correspondent à des traitements de cultures présentes sur le site considéré. Ces mesures sont encore au stade expérimental. Elles se perfectionnent au fil des années et un protocole national de surveillance des produits phytosanitaires dans l'air est également en cours d'élaboration.



Photo d'un préleveur



Treize molécules différentes ont été retrouvées sur le site grandes cultures en 2013 et 2014. Les mesures se faisant de manière discontinue 5 fois par an sur des périodes de 1 semaine et sur une liste restreinte de molécules, cela n'est pas représentatif de tout ce qui se trouve dans l'air. Des semaines de mesures témoins ont été réalisées en hiver, elles ont montré des concentrations nulles en molécules phytosanitaires.

Molécules retrouvées et quantifiées

Herbicides : acétochlore (maïs, interdit depuis 2013), diméthénamide (grandes cultures), prosulfocarbe (grandes cultures), pendiméthaline, S-métolachlore (grandes cultures)

Fongicides : chlorothalonil, trifloxystrobine

Insecticides : chlorpyrifos-éthyl, cyhalothrine-lambda

Molécules retrouvées dans des concentrations non quantifiables (inférieures à 0.12ng/m³) : cyprodinil, dimétomorphe, fenpropimorphe, folpel (fongicide vigne et pomme de terre)

Les molécules retrouvées correspondent au calendrier de traitement des cultures présentes. On retrouve en majeure partie des herbicides. Le S-métolachlore est celui que l'on retrouve le plus.

Comment limiter la pollution de l'air et améliorer l'efficacité de mes traitements ?

Les conditions météorologiques idéales

Hygrométrie supérieure à 60%

Vent faible (entre 0.5 et 3m/s soit entre 2 et 11km/h)

Température entre 8 et 25°C

Les facteurs météorologiques peuvent amplifier la dérive. **Plus le vent est fort, plus la dérive est forte.** L'idéal serait de disposer d'un **anémomètre** afin de pouvoir adapter la vitesse de traitement au vent. Lorsque le vent devient plus fort il faut diminuer la vitesse d'avancement voir reporter le traitement si les conditions ne sont plus favorables. La température joue également un rôle : **plus elle est élevée, plus la bouillie va s'évaporer.** Les applications **tôt le matin ou tard le soir** vont permettre de travailler dans de bonnes conditions d'hygrométrie et de température. L'idéal est d'éviter les interventions aux heures chaudes de la journée (température supérieure à 25°C).

La volatilisation a lieu aussi après le traitement, les **conditions météorologiques après le traitement** vont donc également avoir un impact.

Optimisation du matériel de traitement

Utiliser un système de stabilisation de rampe

Le choix du pulvérisateur est très important. Il est intéressant d'avoir un **porte-buses multiples** afin de pouvoir changer de buses facilement si cela est nécessaire. La **stabilité de la rampe** est un paramètre important à prendre en considération. Si la rampe n'est pas stable, elle peut avoir tendance à osciller avec les irrégularités du terrain et ainsi à augmenter les risques de dérive. La diminution de la hauteur de rampe permet de limiter l'emprise du vent. Il faut cependant respecter les limites fixées par les fabricants.

Ajuster la vitesse d'avancement au vent

Diminuer la hauteur de rampe : 80 cm au-dessus du feuillage pour des buses à 80° et 50 cm pour des buses à 110°

Contrôler la qualité de pulvérisation

Calibrer le pulvérisateur en fonction de la vitesse d'avancement

Vitesse maximale de 6 à 8km/h (10km/h pour les buses à injection d'air)

Contrôle du débit des buses et test de la qualité de pulvérisation avec des papiers hydrosensibles.



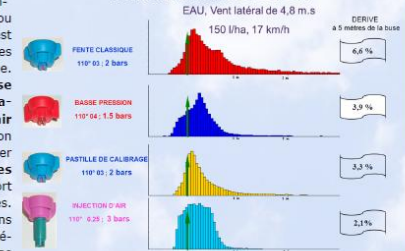
Utiliser des buses anti-dérive quand les conditions ne sont pas idéales

Utiliser la pression de pulvérisation recommandée par le fabricant pour les buses

Utiliser des buses bout de rampe



Résultats des essais de buses anti-dérive menés par ARVALIS, Institut du Végétal



Lorsque le risque de dérive augmente, soit par augmentation de la température ou augmentation du vent il est intéressant d'utiliser des buses limitant la dérive. L'utilisation de **buses basse pression, à pastille de calibrage et à injection d'air** par rapport aux buses classiques induit une bonne réduction de la dérive. Elle peut aller de 50 à 90% pour les **buses à injection d'air** par rapport aux buses classiques. D'après les expérimentations d'ARVALIS, Institut du végétal celles-ci n'engendrent pas de diminution significative de l'efficacité. Il faut cependant rester prudent lorsqu'on les utilise avec des produits de contact et utiliser un volume de bouillie suffisant.

L'utilisation de **buses bout de rampe** aux extrémités de la rampe peut permettre d'éviter des pertes inutiles.

ARVALIS, Institut du végétal propose une aide au choix des buses et au réglage des paramètres de pulvérisation en ligne. Cet outil permet de choisir selon sa vitesse, son volume de bouillie ou le débit de buses que l'on veut utiliser les meilleurs paramètres et la busse à choisir pour un traitement dans des conditions optimales :

http://oad.arvalis-infos.fr/choixbuses/FR/PAGE_IDV023.php

Les choix techniques en fonction des produits

Respecter les conditions de température et d'hygrométrie conseillées pour chaque produit

Utiliser des mouillants pour l'application de produits systémique et pénétrant sur des plantes peu mouillables

Appliquer les produits systémiques et pénétrants par temps poussant

Adapter les doses à la pression sanitaire

Dans le cas de produits systémiques ou pénétrants, les molécules sont destinées à pénétrer dans la plante et deviennent ainsi indisponibles pour la volatilisation. Pour la limiter et favoriser l'efficacité il faut **favoriser la pénétration du produit dans la plante.**

Chaque produit phytosanitaire a cependant besoin d'une hygrométrie et d'une température différentes. Une température trop élevée peut favoriser l'évaporation de la bouillie et limiter la pénétration du produit dans la plante. De plus, elle peut entraîner une accumulation de produit au niveau des feuilles et causer des symptômes de phytotoxicité.

Les solutions techniques

Des **Techniques de Réduction de la Dérive de Pulvérisation (TRDP)** ont été homologuées. Elles garantissent une réduction significative de la dérive et permettent également de réduire les zones de non traitement (ZNT) à 5 mètres.

Utiliser des TRDP homologuées

Utiliser des systèmes de flux d'air

Pulvérisation avec et sans flux d'air (Hardi)



Qu'en dit la réglementation ?

Il n'existe actuellement aucune concentration seuil de molécules phytosanitaires dans l'air à ne pas dépasser comme c'est le cas pour l'eau et les aliments. Cela est dû pour le moment à un manque de connaissances. De nouvelles réglementations obligent à réaliser des **mesures de phytopharmacovigilance dans l'air** comme celles réalisées par l'ASPA afin de mieux connaître les molécules que l'on retrouve.

Au niveau des mesures de prévention de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires, un arrêté **interdit de traiter lorsque le vent a une intensité supérieure à 3 Beaufort soit 19km/h**. Il oblige également à **mettre en œuvre des moyens appropriés pour éviter les pertes de produits en dehors de la zone traitée** lors de l'application. Une directive européenne **interdit l'épandage aérien de produits phytosanitaires** et aucune dérogation n'est aujourd'hui possible. Un article du 13 octobre 2014 de la LAAF (Loi d'Avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt) **interdit également l'utilisation de produits à risque dans les lieux fréquentés par des enfants**.

Conclusion et Perspectives

Les molécules phytosanitaires peuvent se retrouver dans l'air par **dérive** ou par **volatilisation**. Dans les deux cas traiter dans des **conditions météorologiques optimales**, avec du **matériel bien calibré et adapté au stade de la culture** permet déjà de réduire les pertes. Cela permet par conséquent de **gagner en efficacité de traitement et diminuer la pollution de l'air**.

Une fois dans l'air les molécules phytosanitaires peuvent **atteindre des surfaces non cibles** comme des points d'eau, d'autres cultures ou des personnes. Les conséquences d'une exposition à long terme à de petites quantités de produit de l'ordre du **nanogramme par mètre cube** ne sont pour le moment pas connues. Pour le moment aucune réglementation n'existe en terme de concentration limite dans l'air.

Les **bonnes pratiques d'utilisation des produits phytosanitaires** vont dans le sens d'une amélioration de l'efficacité et de la réduction des pollutions. On continue cependant d'explorer de nouvelles mesures innovantes.

L'**ASPA** continue sa campagne de mesure annuelle en l'améliorant d'année en année. La Chambre d'Agriculture et la **DRAAF** (Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Alimentation, de l'Agro-Alimentaire et de la Forêt) sont impliquées dans l'amélioration des connaissances et dans la recherche de moyens permettant de limiter les pertes vers l'air.

Vos Contacts :

	Diplôme : Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Gestion Durable du Végétal (GDV) Enseignant référent : Christophe Migeon, Josiane Lecorff
Auteur(s) : Mylène Striebel Date de naissance : 27/07/1992	Organisme d'accueil : Chambre d'Agriculture de Région Alsace Adresse : 11 rue Jean Mermoz, 68 127 Sainte Croix en Plaine Maître de stage : Alfred Klinghammer
Nb pages : 40 Annexe(s) : 38	
Année de soutenance : 2015	
Titre français : La pollution de l'air par les produits phytosanitaires : élaboration d'un guide de bonnes pratiques – Application au contexte alsacien Titre anglais : Air pollution by plant protection products : redaction of a best management practices guide. Case of Alsace.	
Résumé : De par sa topographie en cuvette, l'Alsace est particulièrement touchée par les phénomènes de pollution de l'air. Depuis 2013, des mesures de substances actives sont effectuées et la problématique des produits phytosanitaires dans l'air a été soulevée lors d'un colloque. Dans un premier temps, l'objectif de ce mémoire est de réaliser une synthèse des voies de contamination de l'air par les substances actives et des réglementations sur ce sujet. Une deuxième partie consiste en l'analyse des résultats de mesures dans l'air en Alsace sur les deux cultures majoritaires de la région, la vigne et les grandes cultures. Une analyse du risque de volatilisation des molécules utilisées dans la région sur ces cultures est également réalisée avec l'outil I-phy Air 2. Enfin, il s'agit de décrire les leviers d'actions envisageables pour la réduction des pertes. Le but final de ce travail est la réalisation d'une brochure de sensibilisation sur la problématique des produits phytosanitaires dans l'air. Celle-ci est destinée aux agriculteurs et viticulteurs de la région. Les mesures de l'air ont montré des concentrations en substances actives de l'ordre du nanogramme par mètre cube. Les molécules retrouvées sont globalement cohérentes avec la pression sanitaire et les cultures en place. Les fréquences de détection ne sont cependant pas corrélées avec la vente des substances actives. L'outil I-phy Air 2 a permis de voir quelles étaient les molécules à fort risque de volatilisation et quelles étaient les pratiques de traitement risquées. A l'issue de ce travail, deux brochures ont été réalisées, une à destination des viticulteurs et une à destination des agriculteurs grandes cultures. Elles résument les différents points abordés par le mémoire en s'adaptant aux cultures cibles et au public visé.	
Abstract: Alsace is a sensitive area for air pollution because of its location between two mountains. Since 2013, active plant protection substances are measured in the air and a colloquium also focused on this problematic in February 2015. In a first step, this report aims to sum up the way active plant protection substances go in the air and the law concerning this subject in a first time. In a second part, an analysis of the measures in air in Alsace is made. This analysis focuses on the most important crops in the area: wine growing and field crops. An analysis of the risk of volatilization is also made on these crops with the I-phy Air 2 indicator. Finally, ways to reduce losses in the air are presented. The intention of this report is to create a booklet which goal is to increase awareness amongst the farmers and wine growers of the problematic of active plant protection substances in the air. Measures in air in Alsace show concentration of active plant protection substances of nanograms per cubic meter. Nearly all the molecules founded were authorized on the crop in the area of measurement. They were also founded at a time of treatment. The detection frequencies were not proportional to the sales of active plant protection substances in the area. The indicator I-phy Air 2 pointed out molecules with a high risk of volatilization and risky spraying practices. Two booklets were made, one for the farmers and one for wine growers. They sum up the report adapting to the crops and the audience.	
Mots-clés : Produit phytosanitaire, air, dérive, volatilisation, substance active, I-phy Air Key Words: Plants protection product, air, volatilization, active plant protection substance, pesticide, I-phy Air	

* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires