

# VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

Test d'une méthode pour faire le lien entre les pratiques de traitements phytosanitaires et les résultats d'analyse de la qualité de l'air

Christophe MULLER

Agronomie Productions Végétales et  
Environnement

Année 2016





# VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

Test d'une méthode pour faire le lien entre les pratiques de traitements phytosanitaires et les résultats d'analyse de la qualité de l'air

Christophe MULLER

Agronomie Productions Végétales et  
Environnement

Année 2016

Maître de stage : Alfred Klinghammer

Enseignants référents : Nathalie Vassal et Cécile Gracianne



*« L'étudiant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup. »*



# Remerciements

---

Je remercie tout d'abord Alfred Klinghammer, mon maître de stage, qui m'a permis de réaliser ce stage et m'a épaulé tout au long de mon étude.

Mes remerciements s'adressent également à Nathalie Vassal et Cécile Gracianne, mes référentes de Vetago-Sup pour leur suivi et leurs nombreux conseils.

Merci à Cyril Pallarès et Eric Heber de l'ASPA (Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace) pour m'avoir mis à disposition les résultats d'analyse de la qualité de l'air et pour leur suivi.

Je remercie tout particulièrement Jérémie Ganter pour son aide précieuse concernant les logiciels « Mes p@rcelles » et « Nos territoires ».

Je tiens aussi à remercier Christian Bockstaller pour m'avoir fourni la nouvelle version d'I-phy air et m'avoir aidé dans la réalisation de mon travail.

Je lance aussi un clin d'œil à Anaïs, Cindy, Laura, Mathilde et Pauline, mes « collègues stagiaires » qui, par leur bonne humeur et leur humour, ont égayé mes 6 mois passés en Alsace.

Enfin, je remercie ma famille pour m'avoir permis de faire ces études et pour m'avoir soutenu tout au long de celles-ci.



## Résumé

---

La qualité de l'air, qui peut être altérée par la présence de produits phytosanitaires, fait partie des enjeux actuels de l'agriculture. Les connaissances et les références sur ce sujet sont encore à approfondir notamment sur les processus de contamination de l'air par les produits phytosanitaires. C'est pourquoi, en lien avec le plan Ecophyto 2, les Chambres d'Agriculture, les AASQA, l'INRA et l'INERIS ont lancé le projet RePP'air qui a pour objectif d'affiner la compréhension de cette problématique.

L'objectif principal de ce stage, réalisé à la Chambre d'Agriculture d'Alsace, était de tester une méthode pour faire le lien entre pratiques de traitements phytosanitaires et qualité de l'air. Cette méthode sera utilisée au cours du projet RePP'air. La question qui se pose est : quel est le risque de transfert des produits phytosanitaires vers l'atmosphère et peut-on corréler les pratiques de traitements et les résultats d'analyse de la qualité de l'air.

Pour cela, une enquête a été réalisée pour connaître les pratiques de traitements effectués sur les parcelles dans un rayon d'un km autour du capteur d'air. Le risque de volatilisation vers l'atmosphère des matières actives utilisées a été évalué grâce à l'indicateur « I-phy air ». Les périodes de pulvérisation ont été comparées aux résultats d'analyse de la qualité de l'air afin d'expliquer l'origine des substances actives retrouvées. Les résultats montrent différents cas de figure : les molécules pulvérisées mais non retrouvées dans l'air, les molécules soumises à la dérive, les molécules sujettes à la volatilisation et les molécules transportées. L'interprétation des résultats aurait pu être améliorée en disposant des données météorologiques exactes à l'emplacement du capteur.

Mots clés : Produits phytosanitaires, air, volatilisation, dérive, I-phy air, matière active

## Abstract

---

The air quality is a present stake in agriculture. Crop protection products may spoil the air quality. Knowledges and references about this subject have to be improved especially on air contamination process by crop protection products. That's why RePP'air project was launched by Chambers of Agriculture, AASQUA, INRA and INERIS. This project is also related to Ecophyto 2 plan. The goal of this project is to improve knowledge about this subject and to prepare the agricultural sector for potential regulatory changes.

The goal of this study was to test a method that establishes the link between air quality and crop protection product use. This method will be used all along the RePP'air project. What is the risk of pesticides transfer to the atmosphere? Can we correlate treatment practices and results of air quality analysis?

A survey was conducted in order to know fields phytosanitary practices within a radius of 1 kilometer around the air sensor. "I-phy air" indicator was used for assessing volatilization risk to the atmosphere of the active plant protection substances. Spray periods and results of air quality analysis were crossed in order to explain the origin of active plant protection substances found. Results show different types of molecules: sprayed molecules but not found in the air, molecules prone to drift, molecules prone to volatilize and transported molecules. Results interpretation could be improved by providing accurate weather data near the sensor location.

Key Words: Crop protection product, air, volatilization, drift, active plant protection substance, pesticide, I-phy air



## Table des matières

Introduction .....	1
I. Produits phytosanitaires et qualité de l'air .....	3
A. Contexte de l'étude .....	3
1. Les produits phytosanitaires en agriculture .....	3
2. Impacts sur la santé humaine et l'environnement .....	3
3. Contexte réglementaire sur la qualité de l'air .....	4
4. Le contexte agricole alsacien .....	6
B. Mécanismes d'émission et de transport des produits phytosanitaires dans l'air .....	7
1. Pertes par dérive .....	7
2. Contamination de l'air par volatilisation .....	8
3. Erosion éolienne .....	9
4. Méthodes d'évaluation des produits phytosanitaires dans l'air .....	10
5. Transport et élimination des produits phytosanitaires de l'atmosphère .....	10
C. Problématique et objectifs .....	11
II. Matériels et méthodes .....	12
A. Méthode de prélèvement et d'analyse de la qualité de l'air .....	12
1. Système de prélèvement .....	12
2. Périodes d'échantillonnage .....	12
3. Sélection des matières actives à rechercher .....	12
4. Seuils de détection et de quantification .....	13
B. Méthode de l'étude .....	13
C. Evaluation du risque de contamination de l'air par I-phy air 2 .....	14
III. Résultats et analyses .....	15
A. Analyse globale .....	15
B. Résultats I-phy air .....	17
C. Interprétations des molécules retrouvées dans l'atmosphère .....	19
D. Corrélation entre périodes d'épandage et concentration dans l'air .....	21
IV. Discussion et perspectives .....	24
A. Réponse à la problématique .....	24
B. Discussion par rapport aux résultats .....	24
C. Discussion par rapport à la méthodologie .....	25
D. Perspectives .....	26
Conclusion .....	27
Bibliographie .....	28



## Liste des abréviations utilisées :

**AASQA** : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

**AMM** : Autorisation de Mise sur le Marché

**ANSES** : Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail

**ASPA** : Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace

**CAA** : Chambre d'Agriculture d'Alsace

**CORPEN** : Comité d'orientation pour les pratiques agricoles respectueuses de l'environnement

**DMTA-P** : Diméthénamid-p

**DRAAF** : Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

**DREAL** : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**IFT** : Indice de fréquence de traitement

**IFV** : Institut français de la vigne et du vin

**INERIS** : Institut national de l'environnement industriel et des risques

**INRA** : Institut national de la recherche agronomique

**IRSTEA** : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

**LAAF** : Loi d'avenir pour l'agriculture l'alimentation et la forêt

**PNSE** : Plan national santé environnement

**POP** : Polluant Organique Persistant

**PRSE** : Plan régional santé environnement

**SAU** : Surface Agricole Utile



## Liste des figures :

Figure 1 : Carte des petites régions d'Alsace (CAA).....	6
Figure 2 : Assolement 2015 de la zone d'étude	Figure 3: Assolement 2016 de la zone d'étude... 6
Figure 4 : Rampe de traitement "en dirigé" .....	6
Figure 5 : Schéma bilan du comportement des produits phytosanitaires dans l'atmosphère .....	7
Figure 6 : Dérive au cours d'un traitement en grandes cultures (source : Terre-net).....	7
Figure 7 : Déflecteur sur semoir à maïs (source photo : agriculteur-normand).....	7
Figure 8 : Le banc d'essai « EvaSprayViti ».....	10
Figure 9 : Photo du préleveur « Bas-débit ».....	12
Figure 10 : Photo de la cartouche contenant le filtre.....	12
Figure 11 : Exploitations de la zone d'étude.....	13
Figure 12 : Répartition des matières actives utilisées en 2015.....	15
Figure 13 : Quantité épanchée sur la zone par matière active en 2015.....	15
Figure 14 : Répartition des herbicides utilisés sur la zone d'étude en 2015.....	15
Figure 15 : Répartition des matières actives utilisées en 2016.....	16
Figure 16 : Quantité épanchée sur la zone par matière active en 2016.....	16
Figure 17 : Répartition des herbicides utilisés sur la zone d'étude en 2016.....	16
Figure 18 : Graphique des notes "I-phy volatilisation" moyenne par matière active en 2015.....	17
Figure 19 : Graphique des notes "I-phy volatilisation" moyenne par matière active en 2016.....	18
Figure 20 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du S-métolachlore en 2015 .	21
Figure 21 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du pendiméthaline en 2015 .	21
Figure 22 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air de l'éthofumésate en 2015 ...	21
Figure 23 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du S-métolachlore en 2016 .	22
Figure 24 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du DMTA-P en 2016 .....	22
Figure 25 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du dicamba en 2016 .....	22
Figure 26 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du pendiméthaline en 2016 .	23
Figure 27 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du lénacile en 2016 .....	23
Figure 28 : Quantité épanchée et concentration hebdomadaires dans l'air du fenpropimorphe en 2016	23
Figure 29 : Localisation des parcelles pulvérisées au S-métolachlore en 2016 .....	25

## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Indices de fréquence de traitement de la zone d'étude en 2015 et références.....	15
Tableau 2 : Indices de fréquence de traitement de la zone d'étude en 2016 et références.....	16
Tableau 3 : Matières actives à la fois recherchées par l'ASPA et pulvérisée sur la zone en 2015.....	19
Tableau 4 : Matières actives recherchées par l'ASPA mais non épanchées sur la zone en 2015.....	19
Tableau 5 : Matières actives à la fois recherchées par l'ASPA et pulvérisée sur la zone en 2016.....	20
Tableau 6 : Matières actives recherchées par l'ASPA mais non épanchées sur la zone en 2016.....	20



## Introduction

C'est au cours de la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle que s'est fortement développée l'utilisation de produits phytosanitaires. Cette augmentation est notamment due à une volonté d'accroître les rendements et d'améliorer la protection de la qualité des aliments et à une réduction de la main d'œuvre agricole. Un produit phytosanitaire désigne une préparation contenant une ou plusieurs substances actives et dans certains cas un ou des co-formulants. La matière active a pour action de protéger les végétaux ou produits végétaux contre tout organisme nuisible, d'en assurer la conservation, de détruire les végétaux indésirables et dans certains cas de réguler leur croissance (FREDON-LORRAINE, 2013). En ce qui concerne la consommation de produits phytosanitaires au niveau mondial, la France occupait en 2008 la quatrième place derrière les États-Unis, le Brésil et le Japon. Au niveau européen, elle occupe la seconde marche du podium avec 66 659 tonnes de matières actives vendues en 2013 derrière l'Espagne (69 587 tonnes) (Eurostat, 2013). Ce nombre doit toutefois être rapporté à la surface puisque la France possède la plus grande SAU (Surface Agricole Utile) au niveau européen (INSEE, 2013). En termes de quantité de matière active rapportée à l'hectare, la France occupe la huitième place avec environ 2,3 kg/ha/an (Eurostat, 2013).

Au cours d'un traitement, une partie de la bouillie phytosanitaire peut ne pas atteindre sa cible. En effet, de nombreux travaux montrent que l'utilisation de produits phytosanitaires peut entraîner une contamination des différents compartiments de l'environnement (eau, air, sol) (Pflieger, 2009). Contrairement aux autres compartiments, les études concernant le devenir des produits phytosanitaires dans l'air sont assez récentes. En 2001, le ministère de l'agriculture a chargé l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) d'établir une liste des substances phytosanitaires à surveiller en priorité dans l'atmosphère. Cette étude a permis d'élaborer une méthode de hiérarchisation des produits phytosanitaires en fonction de différents critères de risques de contamination de l'air (INERIS, 2005). C'est également à partir de cette même année que les AASQA (Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air) commencent à suivre les concentrations en substances actives dans l'air. Une des missions confiées à la Chambre d'Agriculture est l'animation du plan Ecophyto. Contrairement à la première version de ce plan, la seconde publiée en 2015 intègre la problématique des produits phytosanitaires et de la qualité de l'air. En Alsace, la Chambre d'Agriculture, la Direction Régionale de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt (DRAAF) et l'Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique (ASPA) travaillent ensemble sur ce sujet. C'est notamment sur ce thème de la pollution atmosphérique par les produits phytosanitaires que la Chambre d'Agriculture d'Alsace (CAA) a organisé un colloque intitulé « Agriculture et qualité de l'air » le 12 février 2015. De plus, le lien avec les pratiques agricoles a été abordé pour la première fois dans le cadre d'un stage de fin d'étude en 2015. L'importance du sujet a permis de fédérer 8 Chambres d'Agriculture, 8 AASQA, l'INERIS et l'INRA autour d'un même projet intitulé « RePP'air ». Ce projet a pour objectif d'affiner la compréhension des différents processus d'émission des composés phytosanitaires dans l'atmosphère à partir de la confrontation entre les mesures dans l'air et les pratiques des agriculteurs. Mon stage s'inscrit en amont de ce projet puisqu'il a pour but de tester et de caler la méthode proposée par ce projet. Celle-ci sera ensuite transposée dans toutes les régions partenaires de cette étude.



Dans ce contexte, nous allons tenter de répondre à la question : quel est le risque de transfert des matières actives vers l'atmosphère et peut-on corréler les pratiques de traitements et les résultats d'analyse de la qualité de l'air sur le site « grandes cultures » d'Ohnenheim ?

Ma mission a consisté dans un premier à faire un état des lieux des modes de contamination de l'atmosphère par les produits phytosanitaires. Ensuite, j'ai été en charge d'élaborer le questionnaire d'enquête sur les pratiques de traitements phytosanitaires et de réaliser cette enquête auprès des agriculteurs. Enfin, j'ai essayé de mettre en évidence les molécules les plus à risque parmi les matières actives utilisées en utilisant l'outil « I-phy air » et d'expliquer l'origine des substances actives retrouvées dans l'atmosphère.

Ce mémoire aborde le contexte de l'étude de manière générale dans un premier temps, puis réglementaire et enfin régionale. Il traite ensuite des différents processus impliqués dans l'émission des composés phytosanitaires dans l'air pour aboutir à la problématique et aux objectifs de l'étude. La seconde partie traite de la méthode utilisée puis, dans une troisième partie nous analyserons les résultats obtenus. Pour finir, nous apporterons une réponse à la problématique et un regard critique sur la méthode utilisée et les résultats obtenus.



# **I. Produits phytosanitaires et qualité de l'air**

## **A. Contexte de l'étude**

### **1. Les produits phytosanitaires en agriculture**

L'usage des produits phytosanitaires en agriculture s'est généralisé au XX<sup>ième</sup> avec l'essor de la chimie organique. L'objectif d'augmentation de la productivité agricole par ha en France à la fin de la seconde guerre mondiale a notamment été permis grâce à la mise à disposition des agriculteurs de variétés végétales à fort rendement. Cependant, ces variétés, étant sensibles aux organismes nuisibles, ont nécessité l'utilisation des produits phytosanitaires de plus en plus efficaces. Ils ont donc contribué au développement de l'agriculture intensive et sont aujourd'hui indispensables à de nombreux systèmes de productions (Barriuso et al., 2015). Or, les propriétés physico-chimiques des produits phytosanitaires en font dans certaines conditions des polluants des eaux, du sol, des aliments et de l'air. C'est pourquoi, aujourd'hui, l'utilisation systématique de ces produits est largement remise en cause puisqu'ils peuvent générer des risques pour l'environnement et la santé de l'homme (Cemagref, 2011).

### **2. Impacts sur la santé humaine et l'environnement**

Pour la santé humaine, les pertes de produits phytosanitaires dans l'air peuvent constituer deux formes d'exposition. L'intoxication aiguë est une exposition importante aux produits phytosanitaires mais pendant une courte durée. Les agriculteurs constituent une population davantage touchée par ce type d'exposition. Les effets de cette exposition peuvent être des brûlures chimiques au niveau de la peau ou des yeux, des troubles digestifs ou respiratoires ou encore des effets neurotoxiques.

La seconde forme d'intoxication est l'exposition chronique qui correspond à une exposition répétée dans le temps mais à de plus faibles concentrations. Elle peut toucher l'ensemble de la population. Pour cette forme d'exposition, il est difficile d'estimer les effets des produits phytosanitaires sur la santé. En effet, les chercheurs sont confrontés à des difficultés d'ordre méthodologique comme la reconstitution précise de l'exposition des individus (ASPA, 2015 ; AIRPARIF, 2007). Cependant, des études ont mis en évidence d'éventuels liens entre l'exposition aux produits phytosanitaires et certains cancers ou troubles neurologiques et de la reproduction (AIRPARIF, 2007).

Les émissions de produits phytosanitaires dans l'air peuvent engendrer des cas de phytotoxicité. En effet, les substances actives une fois dans l'atmosphère peuvent être transportées, déposées sur des cultures non cibles et ainsi causer des dégâts physiologiques.

Compte tenu des effets de l'émission des produits phytosanitaires dans l'air sur la santé de l'homme, nous pouvons nous demander s'il existe une réglementation qui encadre cette question des matières actives retrouvées dans l'air.



### 3. Contexte réglementaire sur la qualité de l'air

#### a) *Des molécules interdites ou à usage restreint*

Contrairement à l'eau et à l'alimentation, il n'existe à l'heure actuelle aucune valeur réglementaire sur les concentrations maximales en substance active acceptables dans l'air. Les états se sont concertés sur l'établissement d'un accord visant à contrôler la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance. Ainsi, le protocole d'Aarhus faisant suite à la convention de Genève est adopté en 1998. Ce traité international, entré en vigueur en 2003, interdit la fabrication et l'utilisation de 16 polluants organiques persistants (POP) dont 12 sont des matières actives (par exemple le lindane). La convention de Stockholm reprend 12 des POP du protocole d'Aarhus et vise à interdire et éliminer les déchets de ces produits (majoritairement des insecticides organochlorés). Cette convention a été adoptée en 2001 et est entrée en vigueur en 2004. Cette même année a été adopté au niveau européen un règlement sur les POP qui a pour but de faciliter l'application du protocole d'Aarhus et de la convention de Stockholm. Au niveau national, le gouvernement français s'engage aussi sur la question des produits phytosanitaires dans l'air. En effet, la Loi d'Avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt instaure la mise en place d'un dispositif de « phytopharmacovigilance » qui a pour objectif la surveillance des effets indésirables des produits phytosanitaires sur l'homme, sur les animaux d'élevage, dont l'abeille domestique, sur la biodiversité, sur la qualité de l'air...(LAAF, 2014). Le plan Ecophyto 2 prévoit également dans un de ses axes de « renforcer la surveillance de la contamination des denrées végétales, de l'eau, des sols et de l'air, et évaluer les expositions potentielles des citoyens ». En effet, le plan soutiendra financièrement l'élaboration d'un protocole généralisé sur la surveillance des produits phytosanitaires dans l'air (Ecophyto, 2015).

A l'échelle de la région Alsace, le PRSE 2 (Plan Régional Santé et Environnement) piloté par la DREAL et mis en place en 2011 et pour une durée de 5 ans avait pour objectif de « connaître et réduire l'impact des produits phytosanitaires » dans l'air. Pour cela, des mesures de concentrations en substances actives ont été effectuées en collaboration avec l'ASPA depuis 2013. Le PNSE 3 (Plan National Santé Environnement) qui sera décliné au niveau régional en 2016 comprend également une mesure relative à la surveillance des produits phytosanitaires dans l'air.

#### b) *Réglementations d'usage*

Pour être autorisés à la vente, les produits phytosanitaires doivent bénéficier d'une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM). Celle-ci est délivrée depuis juillet 2015 par l'ANSES. Auparavant, cette compétence était à la charge du ministère de l'agriculture. Celui-ci a récemment déclaré que « les dossiers d'AMM devraient comporter des éléments relatifs au comportement des produits phytosanitaires dans l'air ».

Au niveau de la prévention de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires, l'arrêté du 12 septembre 2006 interdit leur pulvérisation si le vent a un degré d'intensité supérieur à 3 sur l'échelle de Beaufort, ce qui représente une vitesse de 19 km/h. Il oblige également la mise en œuvre de moyens appropriés pour éviter l'entraînement des produits phytosanitaires hors de la parcelle ou de la zone de traitée quelles que soient les conditions météorologiques. Depuis janvier 2016, le gouvernement n'autorise plus aucune dérogation concernant la directive européenne 2009/128/CE interdisant l'épandage aérien de produits phytosanitaires.



En ce qui concerne l'Alsace, l'arrêté du 30 mars 2016 émanant du préfet du Haut-Rhin réglemente les épandages de produits phytopharmaceutiques à proximité des établissements accueillant des enfants et des personnes vulnérables. Celui-ci interdit l'application de produits phytosanitaires sur les cultures de vignes, à une distance inférieure à 20 mètres et sur les cultures arboricoles, à une distance inférieure à 50 mètres des établissements scolaires, crèches et centres de loisirs pendant toute la durée d'ouverture ou de fréquentation. Un arrêté similaire va être pris très bientôt dans le département du Bas-Rhin.

Nous venons donc de voir qu'il n'existe aucune norme concernant les produits phytosanitaires dans l'air mais qu'il existe une réglementation visant à diminuer l'exposition des populations. Nous allons maintenant analyser plus en détail le contexte agricole alsacien.

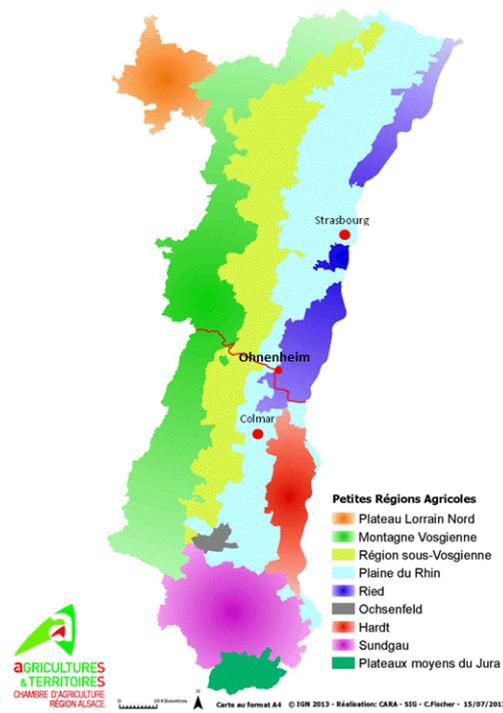


Figure 1 : Carte des petites régions d'Alsace (CAA)

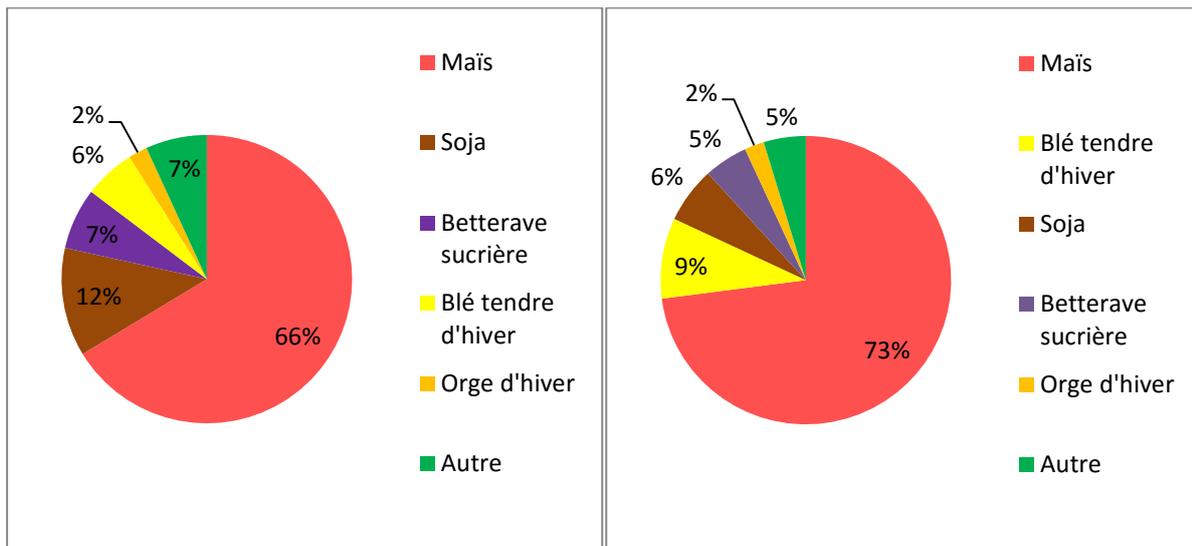


Figure 2: Assolement 2015 de la zone d'étude

Figure 3: Assolement 2016 de la zone d'étude



Figure 4 : Rampe de traitement "en dirigé"

#### 4. Le contexte agricole alsacien

L'agriculture occupe 40% du territoire alsacien, ce qui représente une SAU de 336 640 ha. C'est une région connue pour sa viticulture qui représente 16 800 ha soit 5% de la SAU. Le vignoble alsacien est principalement situé sur le piémont des Vosges. L'Alsace est composée de différents ensembles naturels qui ont déterminé les cultures en place. La plaine d'Alsace couvre plus de la moitié du territoire et on y trouve principalement des cultures céréalières et des cultures emblématiques de la région telles que le chou à choucroute et le houblon. Cette grande plaine est divisée en trois sous régions : la plaine du Rhin, le Ried et la Hardt (Chambre d'Agriculture Alsace, 2016). Dans ces trois petites régions agricoles, les exploitations sont en très grande majorité céréalières avec en moyenne des surfaces en maïs sur 65% à 80% de leurs terres labourables. La culture de maïs a pu profiter d'une ressource en eau facilement disponible pour largement se développer. En effet, la nappe phréatique n'est qu'à quelques mètres de profondeur dans la plaine (Bourdin et al., 2013).

Le préleveur d'air est situé sur la commune d'Ohnenheim dans le Bas-Rhin à la limite entre le Ried et la plaine du Rhin (*Figure 1*). Les parcelles enquêtées se trouvent dans un rayon d'environ un kilomètre autour du site de prélèvement plus ou moins variable selon les éléments du paysage. Ce rayon a été élargi vers le nord et le sud car la forêt à l'ouest et le village à l'est constituent des barrières. En 2015 et 2016, la culture largement prédominante dans ce rayon est la culture de maïs qui représente respectivement 66% et 73% de l'assolement totale. D'autres cultures plus minoritaires sont présentes dans la zone d'étude telles que le blé et le soja qui représentent respectivement 6% et 12% de l'assolement en 2015 et 9% et 6% en 2016 (*Figures 2 et 3*). Les assolements de 2015 et de 2016 sont représentés sur une carte en annexes 1 et 2. Le site d'Ohnenheim a été choisi pour cette étude car c'est le site retenu pour le projet RePP'air en Alsace.

Le principal traitement sur la culture de maïs correspond au désherbage. Celui-ci peut être réalisé en prélevée, en post levée ou encore en pré plus post levée. Ils peuvent avoir lieu de début avril à la mi-juin. Certains agriculteurs peuvent réaliser du traitement « en dirigé » lorsqu'ils disposent d'une rampe adaptée (*Figure 4*). L'intérêt de cette technique est de pouvoir utiliser des herbicides à base de 2-4D efficace contre le liseron tout en évitant une phytotoxicité. Un insecticide peut être appliqué fin juin début juillet afin de lutter contre la pyrale qui est le premier insecte ravageur du maïs alsacien (Chambre d'Agriculture d'Alsace, 2015).

Le désherbage du soja peut avoir lieu du semis (mi-avril) jusque début juin avant la floraison mais il est réalisé dans la majorité des cas en pré-levée.

La betterave sucrière est principalement concernée par des traitements herbicides et fongicides. En général, quatre traitements herbicides sont réalisés sur la période allant du semis (fin mars) jusqu'à la mi-mai et trois traitements fongicides de début juin à début septembre.

Les traitements sur blé et orge sont essentiellement des fongicides. Un désherbage est réalisé sur environ un tiers des parcelles en blé de la plaine d'Alsace. Ceci est dû à la très faible pression des adventices qui est liée à un délai de retour du blé relativement long. Il est le plus souvent appliqué en post levée de mars à avril. Dans certains cas, des régulateurs de croissance sont utilisés contre la verse.

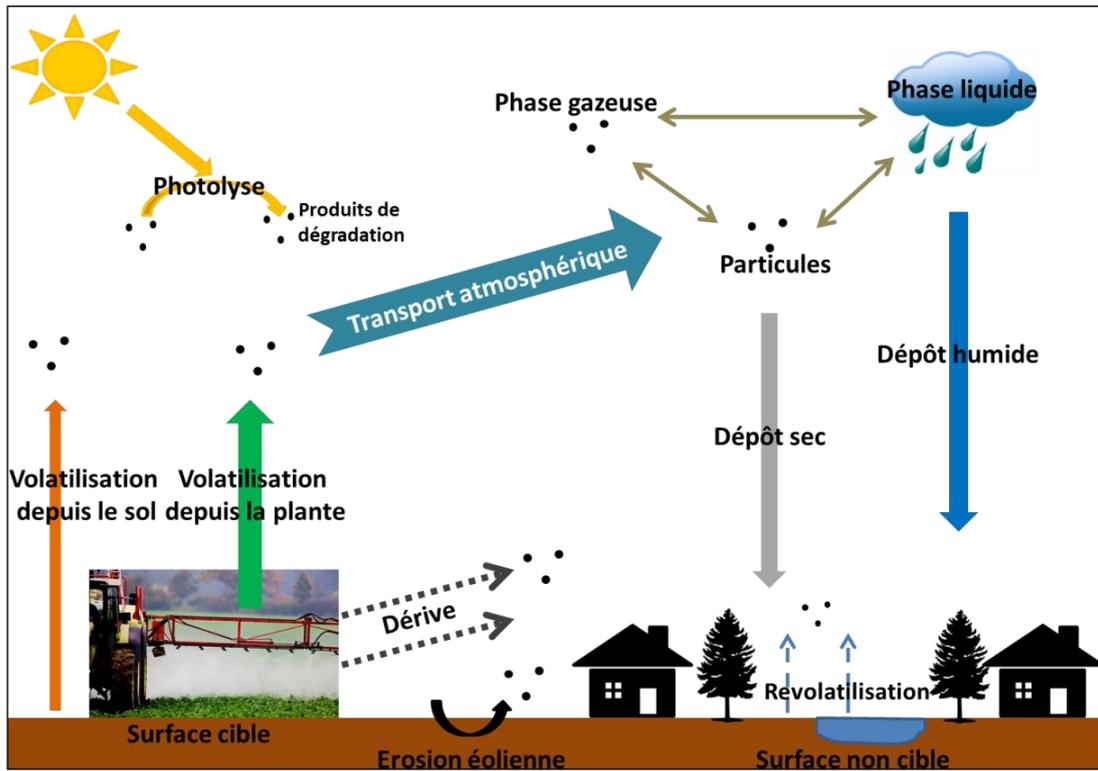


Figure 5 : Schéma bilan du comportement des produits phytosanitaires dans l'atmosphère



Figure 6 : Dérive au cours d'un traitement en grandes cultures (source : Terre-net)



Figure 7 : Déflecteur sur semoir à maïs (source photo : agriculteur-normand)

## B. Mécanismes d'émission et de transport des produits phytosanitaires dans l'air

Un des objectifs de cette étude est d'identifier les processus à l'origine de la dispersion des matières actives dans l'atmosphère. Il semble donc important d'avoir en tête les différents mécanismes impliqués dans le transfert et le transport des matières actives dans l'air. Il existe différentes voies d'émission des produits phytosanitaires dans l'atmosphère: directement à l'application par dérive ou en post-application par volatilisation (depuis la plante ou depuis le sol nu) ou par érosion éolienne (*figure 5*).

### 1. Pertes par dérive

La dérive correspond au transport par voie aérienne de gouttelettes ou de vapeurs de produits phytosanitaires en dehors de la zone ciblée par le traitement (*figure 6*). La pulvérisation peut produire des gouttelettes de différents diamètres : les gouttelettes les plus fines peuvent être entraînées dans l'atmosphère alors que celles de gros diamètre tombent directement sur la plante ou le sol. Les gouttelettes d'un diamètre inférieur à 100 µm sont les plus sujettes à la dérive (CORPEN, 2007). Les différents facteurs impliqués dans le phénomène de dérive sont les conditions météorologiques et les conditions d'utilisation de l'équipement de pulvérisation. Un vent fort, une température ambiante supérieure à 25°C et une hygrométrie faible contribuent au phénomène de dérive. L'intensité de la dérive est également fonction du type de buse utilisée, de la hauteur de pulvérisation et la vitesse de déplacement. Ce phénomène peut être quantifié selon deux approches différentes. La première correspond à la différence entre la quantité pulvérisée et la quantité arrivant sur la cible (plante ou sol). La seconde approche correspond à la quantité de bouillie déposée à proximité immédiate de la parcelle. Cette deuxième approche néglige la fraction de produit phytosanitaire exportée à plus grande distance (Barriuso et al., 2015). En considérant la seconde approche, les pertes par dérive sur vigne avec un pulvérisateur de type jet porté peuvent atteindre 32% de la dose appliquée (Davy, 2013). En grandes cultures, les pertes par dérive peuvent aller de 2% avec des buses à injection d'air à 7% avec des buses à fente classique pour une vitesse de vent de 17 km/h selon les essais d'Arvalis, institut du végétal.

Il est également possible d'observer de la dérive au cours du semis de semences traitées dans le cas d'utilisation de semoirs pneumatiques. En effet, des poussières peuvent être produites par abrasion des semences au moment du semis et peuvent potentiellement se retrouver dans l'air ambiant (CORPEN, 2007). Cependant, l'arrêté du 13 avril 2010 relatif aux conditions d'enrobage et d'utilisation des semences traitées par des produits mentionnés à l'article L. 253-1 du code rural interdit les semis de semences de maïs enrobées avec des produits phytosanitaires si le semoir n'est pas équipé d'un déflecteur à la sortie de la tuyère du semoir. Ce dispositif permet de diriger le flux d'air chargé en poussières vers le sol, limitant ainsi les risques de contamination de l'air (*figure 7*).

Il est possible de limiter les pertes par dérive par des progrès techniques, par contre, c'est plus compliqué pour la volatilisation car celle-ci dépend de nombreux facteurs.



## 2. Contamination de l'air par volatilisation

La volatilisation est le processus selon lequel un composé passe de la phase solide ou liquide vers la phase gazeuse, indiquant un changement de phase. Selon la substance active considérée, les pertes par volatilisation peuvent être comprises entre 0.1 g/ha/h et 100g/ha/h le jour de l'application. Ce phénomène de volatilisation peut se poursuivre quelques jours voir plusieurs semaines après l'épandage (Bedos et al., 2002 ; Wolters, 2003). Les pertes totales par volatilisation peuvent représenter de 0.1% à quelques dizaines de pourcents de la dose appliquée (CORPEN, 2007). Plusieurs auteurs s'accordent à dire que la volatilisation suivrait un cycle diurne (Bedos et al., 2002 ; Briand et al., 2001 ; Wolters, 2003).

La volatilisation est fonction de nombreux facteurs. D'abord, les caractéristiques du produit vont avoir une influence sur la volatilisation. En effet, les émissions de produits phytosanitaires dans l'atmosphère sont gouvernées par leurs propriétés physico-chimiques telles que la pression de vapeur saturante ou la constante de Henry. La pression de vapeur saturante, qui correspond à la pression à laquelle la phase gazeuse d'une substance est en équilibre avec la phase liquide ou solide, semble être le meilleur paramètre décrivant la volatilisation d'une substance active depuis la plante après application (Guth et al., 2004). Les produits phytosanitaires ayant une pression de vapeur saturante supérieure à  $10^{-4}$  Pa sont considérés comme volatils alors que ceux dont la pression de vapeur est inférieure à  $10^{-4}$  Pa sont considérés comme semi-volatils (Bossan et al., 1995). Les molécules avec une forte pression de vapeur saturante sont très sensibles à la volatilisation. Celle-ci est forte juste après application et décroît rapidement. Les molécules avec une faible pression de vapeur saturante sont moins exposées à la volatilisation qui est faible au départ mais dure plus longtemps dans le temps (Nash, 1983). Cependant, selon Bedos et al., 2002, la corrélation entre vapeur saturante et volatilisation n'est pas toujours vérifiée. De nombreux auteurs s'accordent à dire que la constante de Henry est un meilleur indicateur de l'importance et de la durée de volatilisation. La constante de Henry correspond au coefficient de partage de la substance active entre la phase aqueuse et la phase gazeuse de l'air environnant. Elle est définie à saturation par le rapport de la pression de vapeur (en Pa) de la molécule sur sa solubilité (en  $\text{mol.m}^{-3}$ ) (CORPEN, 2007). Les substances actives ayant une constante de Henry supérieure à  $10^{-5} \text{ Pa.m}^3.\text{mol}^{-1}$  sont considérées comme volatiles (Marliere, 2001). Lorsqu'il s'agit de produits systémiques ou pénétrants, le phénomène de volatilisation est diminué par deux autres processus qui sont la pénétration foliaire et la photodégradation à la surface des feuilles (FOCUS, 2008). La pénétration foliaire dépend de différents paramètres. Une jeune feuille qui sera très mouillable et dépourvue de cires épicuticulaires présentera une pénétration foliaire plus importante qu'une feuille âgée (Lichiheb et al., 2015). Dans la formulation d'un produit phytosanitaire, il y a non seulement la matière active mais aussi très souvent des adjuvants qui améliorent l'efficacité du produit. Ces adjuvants peuvent également jouer un rôle important dans le processus de volatilisation d'un produit phytosanitaire (De Ruiter et al., 2003). Il est difficile d'évaluer l'influence de la formulation du produit sur la volatilisation car il y a un manque de connaissances à propos de ces formulations.



La volatilisation dépend également du support sur lequel est déposé le produit phytosanitaire. En effet, l'intensité de volatilisation n'est pas la même depuis un sol nu et depuis la surface d'une plante. Selon la molécule considérée et dans les 24h suivant l'application, les flux de volatilisation émis depuis la plante peuvent être de 5 à 13 fois plus élevés que ceux émis depuis le sol nu (Rüdel, 1997). Ceci peut s'expliquer par une adsorption plus faible des produits phytosanitaires sur un couvert végétal que sur les particules de sol, par une surface d'échange plus importante et par une plus forte turbulence de l'air autour du végétal (Lichiheb et al., 2015). Pour évaluer la volatilisation depuis un sol nu, il est indispensable de considérer le potentiel d'adsorption si celui-ci prend une valeur significative (Woodrow et al., 1997). Les caractéristiques du sol ont également une influence sur la volatilisation. Le pH du sol peut avoir un impact sur la volatilisation dans le cas des substances actives ayant un pKa inférieur au pH du sol. Selon Müller et al. 1998, la volatilisation du fenpropimorphe (fongicide) est augmentée avec une élévation du pH du sol. La texture du sol peut également jouer un rôle indirect dans le processus de volatilisation. En effet, la volatilisation sera réduite sur un sol sableux plus séchant qu'un sol limoneux (influence de l'humidité du sol) (Glotfelty et al., 1984).

La volatilisation est aussi fonction des conditions climatiques juste après l'application. Une augmentation de température va impliquer une augmentation de la pression de vapeur saturante d'une matière active ce qui va favoriser sa volatilisation (Lichiheb et al., 2015). Cependant, une élévation de température peut aussi avoir pour conséquence un assèchement du sol ce qui va augmenter l'adsorption de la matière active sur la phase solide du sol en défaveur de la volatilisation. Par conséquent, l'effet de la volatilisation est plus important sur sol humide que sur sol desséché en surface (CORPEN, 2007). Le processus d'adsorption peut être réversible et il semblerait qu'après réhumidification du sol, la volatilisation pourrait reprendre (Rice et al., 2002). En revanche, cette reprise de volatilisation peut être limitée à cause de la formation de « résidus liés » (CORPEN, 2007).

La volatilisation peut également être influencée par les conditions agronomiques. Le non-labour et/ou la présence d'un « mulch » par exemple peut avoir un impact direct sur l'interception des produits phytosanitaires (CORPEN, 2007). L'enfouissement d'un traitement phytosanitaire en prélevée peut diminuer de façon considérable la quantité de produit volatilisé.

### **3. Erosion éolienne**

L'érosion éolienne est un second processus qui a lieu après l'application. Selon leurs caractéristiques physico-chimiques, les produits phytosanitaires peuvent être plus ou moins fixés sur les constituants minéraux et organiques du sol. Les particules de sol peuvent alors être arrachées par le vent et peuvent participer à la dissémination de produits phytosanitaires dans l'atmosphère (AIRPARIF, 2007). Ce processus est fonction de la vitesse du vent horizontal, des précipitations, de la nature du sol et des pratiques culturales. Les particules de sol d'un diamètre supérieur à 500 µm ne sont généralement pas soumises à l'érosion éolienne et ne font que rouler à la surface du sol (Marliere, 2001). Ce phénomène d'érosion éolienne a été mis en évidence pour l'atrazine et la simazine, mais les quantités perdues sont relativement faibles (< 1%).



Figure 8: Le banc d'essai « EvaSprayViti »

#### 4. Méthodes d'évaluation des produits phytosanitaires dans l'air

Nous venons de voir que la volatilisation est dépendante de nombreux paramètres. Les tunnels de ventilation au départ développés pour étudier la volatilisation de l'ammoniac ont été adaptés aux produits phytosanitaires. Ils permettent de contrôler certains paramètres pour se rapprocher au plus près de la réalité et ainsi mesurer le potentiel de volatilisation des substances actives (Barriuso et al., 2015). Cette méthode d'évaluation de la volatilisation est uniquement réalisable à l'échelle de la parcelle. En ce qui concerne la dérive en viticulture, l'IFV et l'IRSTEA ont conçu un banc d'essai « EvaSprayViti » qui permet de tester les pulvérisateurs viticoles et de connaître leurs performances agronomiques et environnementales (*Figure 8*). Le banc d'essai mesure la quantité de produit phytosanitaire déposé sur les feuilles, le sol et la part qui est perdue dans l'air (Codis et al., 2015).

A une échelle plus large, une récente étude menée en Angleterre avait pour objectif d'évaluer l'exposition des riverains aux produits phytosanitaires. Des collectes de données précises sur l'utilisation de produits phytosanitaires par les agriculteurs sur toute la période de traitement et sur deux années ont été réalisées. Ces données ont finalement été comparées aux résultats d'analyses des échantillons urinaires des riverains (Galea et al., 2015).

Le phénomène de volatilisation est difficile à mesurer sur le terrain car il dépend de nombreux facteurs et nécessite d'importants moyens. C'est pourquoi la simulation de la volatilisation par des modèles représente un bon outil de travail et d'étude. Par exemple, le modèle SURFATM-Pesticides modélise la volatilisation depuis la plante (Lichiheb et al., 2015). Le modèle Volt'Air est lui spécifique à la volatilisation depuis le sol (Bedos et al., 2009). Les substances actives émises dans l'air sont ensuite soumises à d'autres phénomènes.

#### 5. Transport et élimination des produits phytosanitaires de l'atmosphère

Une fois dans l'atmosphère, les produits phytosanitaires sont distribués entre les phases gazeuse, aqueuse et particulaire. Cette répartition dépend des propriétés physico-chimiques des matières actives et des conditions atmosphériques (température, humidité de l'air...). Les matières actives peuvent ensuite être éliminées du compartiment aérien selon différents processus : par réaction chimique ou par dépôts secs ou humides (Barriuso et al., 2015).

En ce qui concerne le transport des matières actives sous formes gazeuses ou particulaires dans l'atmosphère, il faut considérer deux échelles différentes : à courte distance (< 1 km) et à moyennes/longues distances car les processus impliqués peuvent être différents. En effet, dans le cas des transports à courte distance, l'échelle de temps est de l'ordre de quelques dizaines de minutes et la dégradation atmosphérique peut alors être négligée. Au contraire, pour des transports à longue distance (>1000 km), l'échelle de temps est plutôt de l'ordre de plusieurs jours et dans ce cas, il est important de considérer la réactivité de la matière active dans l'atmosphère (Pflieger, 2009).



Les produits phytosanitaires peuvent se déposer à la surface de la terre selon deux processus de retombées atmosphériques : les dépôts secs et les dépôts humides. Un dépôt sec correspond à la retombée d'une matière active sous forme gazeuse ou particulaire en l'absence de précipitation. De manière générale, seuls les dépôts secs sont à considérés dans le cas de transport à courte distance car les traitements sont a priori réalisés en dehors d'épisodes pluvieux immédiats. En revanche, à longue distance, les voies de dépôts humides et secs se superposent (CORPEN, 2007). Les matières actives en phase gazeuse sont sujettes aux dégradations par photolyse directe ou par photolyse indirecte. Celles capables d'absorber un rayonnement solaire dans la plage de longueur d'ondes 290-800 nm sont susceptibles d'être directement photo-dissociées. La photolyse indirecte correspond à une réaction entre la substance active et des radicaux hydroxyles (OH●) ou des radicaux nitrates (NO<sub>3</sub>●) ou encore l'ozone O<sub>3</sub>. Le radical hydroxyle (OH●) provenant de la photolyse de l'ozone en présence de vapeur d'eau est le principal oxydant présent dans l'atmosphère. Il est possible d'estimer la durée de vie atmosphérique d'une matière active en connaissant la constante de vitesse de réaction de celle-ci avec l'oxydant et la concentration de l'oxydant dans l'air. Cependant, la persistance d'une molécule dans l'air reste expérimentalement difficile à obtenir (CORPEN, 2007). Au même titre que les matières actives de départ, les produits de la dégradation atmosphérique peuvent être toxiques pour l'environnement et la santé humaine (Pflieger, 2009). Enfin, il est possible que les substances actives déposées puissent se revolatiliser si les conditions environnementales changent (CORPEN, 2007).

### C. Problématique et objectifs

Cette étude se base sur différentes hypothèses de départ. Les concentrations en matières actives dans l'air sont mesurables et celles-ci varient au cours du temps. Ensuite, nous pouvons supposer qu'il existe un lien entre les pratiques des agriculteurs, c'est-à-dire les matières actives pulvérisées sur les cultures et celles retrouvées dans les analyses d'air. Enfin, nous supposons également que les pratiques de traitements de la zone d'étude sont représentatives de la petite région.

La question qui se pose est : quel est le risque de transfert des matières actives vers l'atmosphère et peut-on corréler les pratiques de traitement et les résultats d'analyse de la qualité de l'air sur le site « grandes cultures » d'Ohnenheim ?

Pour répondre à cette problématique, j'ai réalisé une enquête auprès d'un maximum d'agriculteurs présents dans le rayon d'un km autour du capteur d'air dans le but de connaître l'ensemble des pratiques de traitements des différentes parcelles. Les enquêtes ont été réalisées à partir d'un questionnaire préparé en amont. Les résultats des enquêtes ont ensuite été renseignés dans le logiciel « I-phy air » afin d'évaluer le risque de transfert vers l'atmosphère des matières actives utilisées. Enfin, les pratiques de traitements réalisés sur la zone d'étude ont été comparées aux résultats d'analyse de la qualité de l'air afin d'identifier les processus à l'origine de l'émission dans l'air des matières actives retrouvées.

Les objectifs de cette étude sont donc :

- De tester cette méthode qui sera ensuite ajustée si besoin pour la première campagne du projet RePP'air en 2017
- D'expliquer l'origine des matières actives retrouvées dans l'air et de mieux comprendre les phénomènes impliqués
- De tester le logiciel « I-phy air » afin d'identifier des améliorations possibles dans le but d'obtenir un indicateur fiable des risques de transfert des produits phytosanitaires dans le compartiment aérien.



Figure 9 : Photo du préleveur « Bas-débit »



Figure 10 : Photo de la cartouche contenant le filtre

## II. Matériels et méthodes

### A. Méthode de prélèvement et d'analyse de la qualité de l'air

L'appareil de mesure est situé en périphérie ouest de la commune d'Ohnenheim dans le Bas-Rhin. Le préleveur est placé à proximité des habitations car le but de l'étude réalisée par l'ASPA est de connaître le niveau d'exposition de la population aux produits phytosanitaires.

#### 1. Système de prélèvement

Les prélèvements d'air sont réalisés à l'aide de préleveurs dit « bas-débit » car ce sont les plus adaptés à un rythme de prélèvement hebdomadaire (*Figure 9*). Ils ont un débit de pompe de 2 m<sup>3</sup> d'air par heure soit environ 336 m<sup>3</sup> d'air sur une semaine. La phase particulaire et la phase aqueuse de l'air sont retenues par ce type de capteur. L'air est aspiré à travers une cartouche en inox contenant un filtre de quartz pour retenir les particules et des mousses en polyuréthane pour filtrer la phase gazeuse (*Figure 10*).

#### 2. Périodes d'échantillonnage

La campagne de mesures de 2015 s'est déroulée sur deux périodes distinctes : une première période durant le printemps et le début d'été et la seconde période durant l'hiver. L'échantillonnage est réalisé par période d'une semaine. La période printanière n'a pas été continue mais s'est étalée sur cinq semaines entre le 08/04 et le 23/07. Une semaine de mesures a été réalisée entre le 23/12 et le 30/12. Les mesures sont réalisées en période de traitement afin de rendre compte des concentrations maximales en substances actives observables. Les mesures hivernales qui sont réalisées en dehors de la période de traitement servent de témoins. Elles doivent montrer les concentrations les plus faibles de l'année en substances actives.

Contrairement à la campagne 2015, la campagne de mesures 2016 est réalisée en continue. Celle-ci s'étale sur 16 semaines consécutives du 15/04 au 04/08. En lien avec les objectifs du projet « RePP'air », l'ASPA a décidé de mesurer la qualité de l'air sur toute la période de traitement sans interruption.

#### 3. Sélection des matières actives à rechercher

Compte tenu du nombre très important de matières actives utilisées et du coût des analyses, l'ASPA a sélectionné les matières actives à rechercher en priorité. Pour cela, l'ASPA s'est basée sur la liste socle nationale établie par l'INERIS lors du projet SPH'AIR qui répertorie les matières actives les plus susceptibles de se retrouver dans l'air (INERIS, 2005). Cette liste a été précisée par les données régionales de vente. Enfin, cette liste a été validée par le comité technique des produits phytosanitaires dans l'air, mis en place dans le cadre du PRSE2 et composé de représentants des services de l'Etat, des collectivités locales, de la profession agricole, des distributeurs et industriels et de la recherche. Ainsi, 60 matières actives dont 27 herbicides, 23 fongicides, 8 insecticides, 1 régulateur de croissance et 1 rodenticide ont été recherchées dans l'air en Alsace en 2015. En 2016, la liste a été légèrement modifiée et complétée de 20 autres matières actives pour au total compter 80 molécules. La liste des molécules recherchées en 2016 est présente en annexe 3.



Figure 11 : Exploitations de la zone d'étude

#### 4. Seuils de détection et de quantification

Les analyses des matières actives dans l'air ambiant sont réalisées sur les phases particulaire et gazeuse. Les seuils de détection et de quantification sont respectivement 0,024 ng/m<sup>3</sup> et 0,06 ng/m<sup>3</sup> pour la majorité des matières actives recherchées (46 molécules sur les 60 en 2015).

##### B. Méthode de l'étude

Dans un premier temps, les parcelles et les exploitants de la zone ont été identifiés et localisés sur une carte (*figure 11*). Ensuite, un questionnaire d'enquête a été élaboré afin de lister l'ensemble des données à recueillir auprès des agriculteurs. Les données sont les suivantes :

- Les données liées à la culture : la date de semis, la date de pulvérisation, les produits commerciaux, les adjuvants et leurs doses d'utilisation, la surface traitée (la totalité de la parcelle, une partie de la parcelle, traitement localisé)
- Les données liées au matériel de pulvérisation : le volume de la cuve, la largeur de rampe, le type de buses ...

En ce qui concerne les surfaces traitées, nous avons fait le choix de considérer 100% de la surface lorsqu'il s'agit d'un traitement en dirigé et 30% de la surface lorsqu'il s'agit d'un désherbage sur rang de semis.

Des questions complémentaires ont été posées par rapport au désherbage des bordures de parcelles et des passages d'irrigation et par rapport aux techniques alternatives utilisées (bineuse, herse étrille ...). Le questionnaire d'enquête est disponible en annexe 4.

Les agriculteurs ont donc été enquêtés sur leurs pratiques de traitements phytosanitaires dans un rayon de 1 km autour du site de mesure de la qualité de l'air sur les campagnes 2015 et 2016. Les données liées à la culture sont enregistrées dans le logiciel « Mes p@rcelles ». Celui-ci permet d'entrer les différentes interventions effectuées par parcelle. Il a été choisi de travailler avec ce logiciel car certains agriculteurs y sont abonnés et par conséquent la Chambre d'Agriculture peut avoir directement accès à leurs données sous condition d'avoir leur accord. Il permet également de garder en mémoire les pratiques de plusieurs années. De plus, c'est un logiciel utilisé par toutes les Chambres d'Agriculture, ce qui permet une généralisation de la méthode à toutes les régions partenaires du projet. Les autres données, ne pouvant pas être enregistrées directement dans le logiciel « Mes p@rcelles », ont été renseignées dans un fichier excel.

Les données des différentes exploitations de la zone sont regroupées grâce au logiciel « Nos territoires ». Ce logiciel permet de rassembler dans une même base de données les informations renseignées par exploitation dans le logiciel « Mes p@rcelles ». Ce logiciel été choisi pour que toutes les régions puissent travailler avec un outil commun. Il permet également de cartographier les pratiques, ce qui peut être intéressant dans le cas du projet RePP'air.

Une feuille « excel » regroupant l'ensemble des traitements effectués sur la zone sur une période d'une semaine a été extraite du logiciel pour chaque semaine de mesure. Ceci nous a permis de calculer des quantités épandues par matière active sur une semaine et cela tout au long de la période de traitement. Nous avons ensuite confronté les quantités épandues et les concentrations mesurées semaine par semaine.



## C. Evaluation du risque de contamination de l'air par I-phy air 2

Avant de mettre en relation les pratiques de traitements et les résultats d'analyse de la qualité de l'air, nous allons évaluer le risque de contamination de l'air par les substances actives pulvérisées sur la zone grâce à l'indicateur « I-phy air 2 ». Cet indicateur a été mis au point à l'Institut National de Recherches Agronomiques (INRA) de Colmar. La première version a été améliorée en tenant compte de façon plus précise des processus impliqués (Bockstaller, 2016). L'indicateur permet d'évaluer le risque de volatilisation d'une substance active sur une échelle de 0 à 10, 0 étant le risque maximal de volatilisation. Au-dessus de la note de 7, le risque de volatilisation est considéré comme négligeable. Basé sur les travaux de Woodrow et al., 1997, l'outil calcule par traitement un flux de volatilisation depuis le sol, depuis la plante et un flux total qui sont ensuite transformés en note de risque. Ces flux sont exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$  et sont calculés pour 1kg de matière active. L'estimation du flux de volatilisation depuis le sol se base sur la tension de vapeur, la solubilité et le  $K_{oc}$  de la matière active alors que l'estimation du flux de volatilisation depuis la plante est basée uniquement sur la tension de vapeur. L'indicateur tient également compte du pourcentage de couverture végétale, calculé à partir de la date de semis, et de la dose de substance active pulvérisée. La valeur 0 a été fixée par rapport au flux de la trifluraline, un herbicide très volatil aujourd'hui interdit dans l'Union Européenne.

Les résultats des enquêtes ont été renseignés dans le calculateur « I-phy air » afin d'identifier les matières actives susceptibles de se retrouver dans l'air. Les éléments pris en compte sont : la zone climatique, la culture, sa date de semis, la matière active, sa date de pulvérisation, le type de pulvérisateur (classique ou avec flux d'air), le type de buse (classique ou antidérive) et la position du produit phytosanitaire (incorporé au sol ou pulvérisé sur la culture). Une note de volatilisation a été calculée par intervention et par matière active puisqu'au cours d'une intervention, plusieurs matières actives peuvent être épandues. Ensuite, une note globale moyenne a été calculée par matière active.

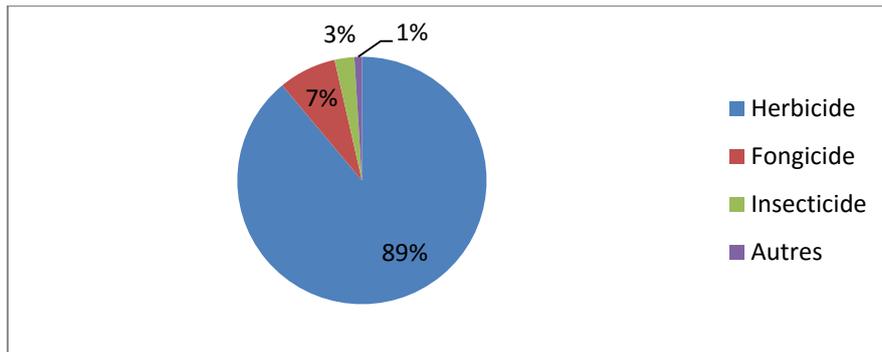


Figure 12 : Répartition des matières actives utilisées en 2015

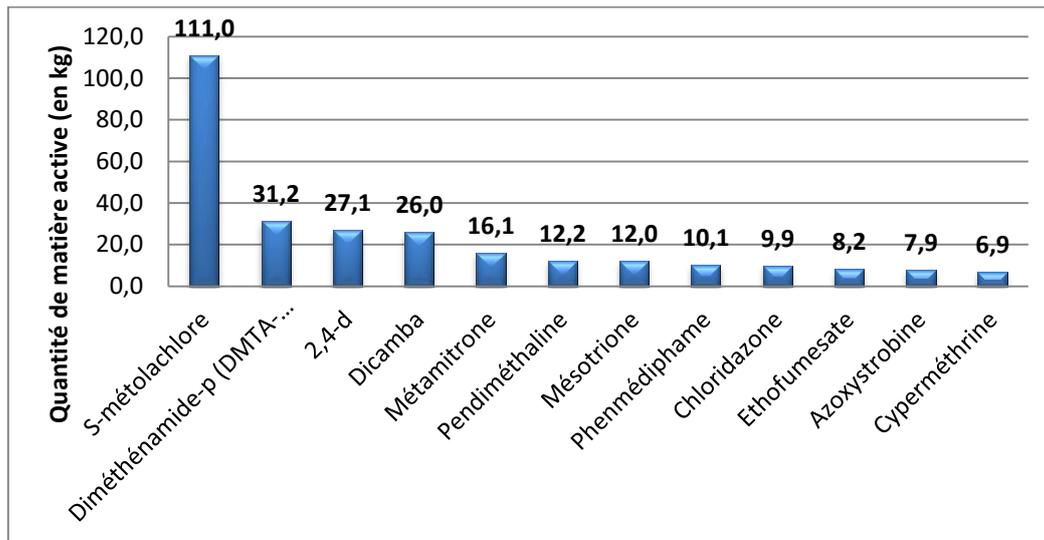


Figure 13 : Quantité épandue sur la zone par matière active en 2015

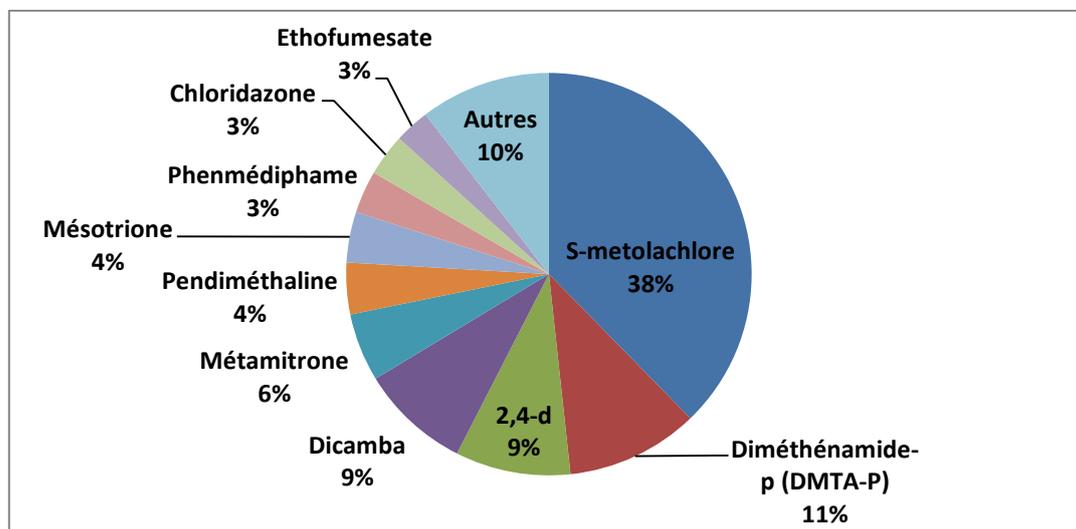


Figure 14 : Répartition des herbicides utilisés sur la zone d'étude en 2015

Tableau 1 : Indices de fréquence de traitement de la zone d'étude en 2015 et références

IFT	Betterave		Blé		Maïs	Soja
	H	HH	H	HH	H	H
Zone d'étude 2015	3,4	3,7	0,5	1,3	1,7	2,1
Régional ou national*	2,25*	2,91*	1,29	2,05	1,83	2,25*

### III. Résultats et analyses

#### A. Analyse globale

##### *Année 2015*

Sur les 312 ha de surface arable que compte la zone d'étude, 300 ha ont été enquêtés ce qui représente environ 96% de la surface. Au total, sur la période de traitement 2015, environ 330 kg de matières actives ont été pulvérisés sur la zone d'étude. Les herbicides représentent à eux seuls environ 294 kg soit 89% de la quantité totale épanchée. Les fongicides et insecticides sont utilisés de façon plus minoritaire et représentent respectivement 7% et 3% de la quantité totale de matière active épanchée (*figure 12*). Ceci est à mettre en lien avec les cultures présentes dans la zone puisque le maïs et le soja représentant plus de 75% de l'assolement implique une utilisation importante d'herbicides par rapport aux autres catégories de produits phytosanitaires.

Les 10 matières actives les plus utilisés en quantité, en 2015, sur la zone d'étude sont des herbicides, ensuite arrivent seulement le premier fongicide : l'azoxystrobine et le premier insecticide : la cyperméthrine (*figure 13*). L'azoxystrobine est utilisée sur les cultures de blé, de betterave et de maïs. La cyperméthrine est un insecticide appliqué au moment du semis sous la forme de microgranulés et utilisé pour lutter notamment contre le taupin. Parmi les différents herbicides épanchés sur la zone, 111 kg de S-métolachlore a été pulvérisé en 2015, soit plus d'un tiers de la quantité totale d'herbicides (*figure 14*). Ceci s'explique notamment par le fait que cette matière active soit utilisée à la fois sur le maïs, la betterave et le soja et que la concentration dans les différents produits commercialisés est au minimum de 400g/L.

Afin de caractériser les pratiques de la zone d'étude, nous avons calculé les IFT (indice de fréquence de traitement) par culture sur la zone que nous avons comparés avec les IFT de référence régionale ou nationale (*tableau 1*). Pour le maïs et le soja, les IFT de la zone sont équivalents aux IFT de référence. Nous pouvons remarquer que la culture de blé sur la zone d'étude utilise de manière globale moins de produits phytosanitaires que le reste de la région puisque les IFT de la zone sont inférieurs à ceux de référence (pression maladie et adventices faible car délai de retour du blé long). En revanche, la betterave produite sur la zone d'étude nécessite l'utilisation davantage de produits phytosanitaires (pression adventices élevée).

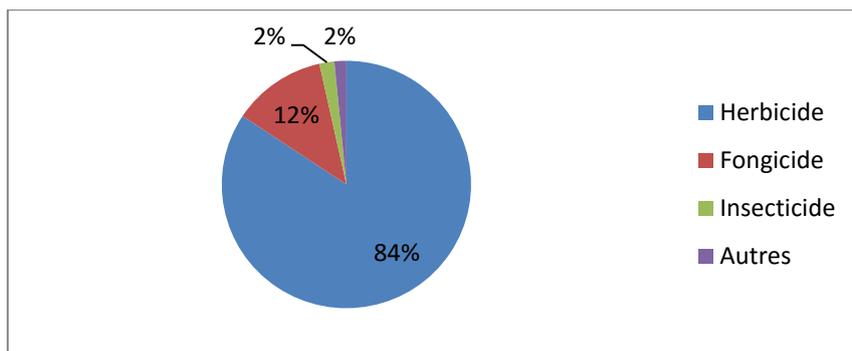


Figure 15 : Répartition des matières actives utilisées en 2016

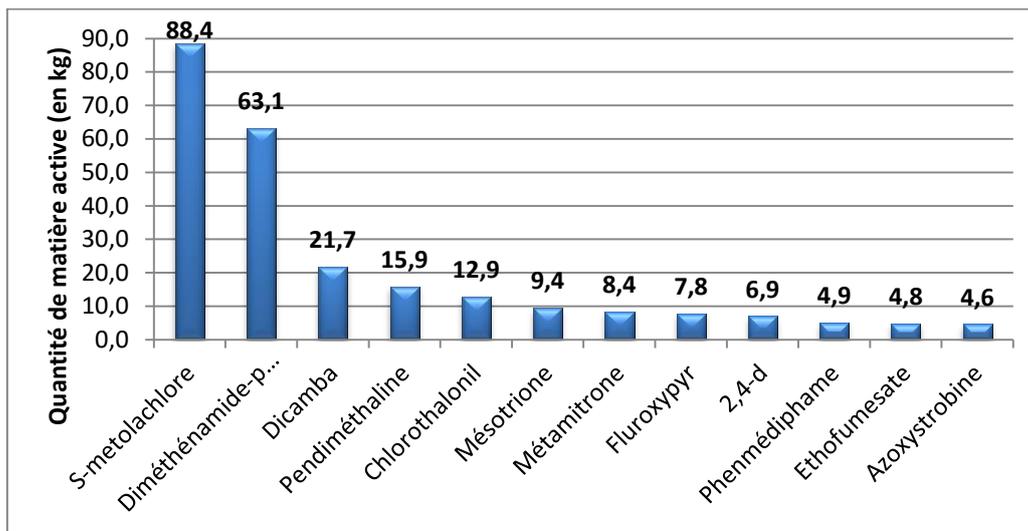


Figure 16 : Quantité épandue sur la zone par matière active en 2016

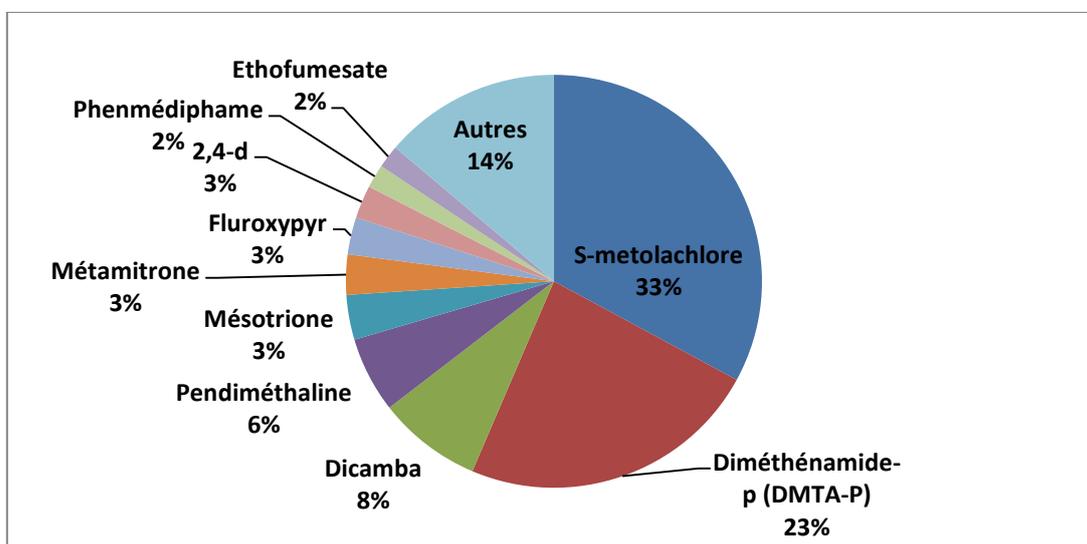


Figure 17 : Répartition des herbicides utilisés sur la zone d'étude en 2016

Tableau 2 : Indices de fréquence de traitement de la zone d'étude en 2016 et références

IFT	Betterave		Blé		Maïs	Soja
	H	HH	H	HH	H	H
Zone d'étude 2016	3,8	4	0,7	2,1	1,8	2
Régional ou national*	2,25*	2,91*	1,29	2,05	1,83	2,25*

## *Année 2016*

Sur la période de traitement 2016, une quantité totale d'environ 318 kg de matières actives a été épanchée sur la zone d'étude, ce qui est relativement proche de la quantité épanchée en 2015. Les herbicides représentent toujours la plus grande partie des matières actives pulvérisées sur la zone avec 268 kg soit 84% de la quantité totale. La part des fongicides a augmenté de 5 points par rapport à l'année dernière. Ceci peut s'expliquer par un printemps 2016 davantage pluvieux que la normale, ce qui a favorisé le développement des maladies. La part des insecticides reste minoritaire et identique à l'année 2015 (*figure 15*).

Parmi les 12 matières actives les plus utilisées sur la zone d'étude, 10 sont des herbicides et 2 sont des fongicides (*figure 16*). Le chlorothalonil, qui a été épanché à hauteur de 13 kg sur l'aire d'étude, correspond au premier fongicide utilisé et arrive en cinquième position des matières actives alors qu'en 2015, il n'a été que très peu utilisé. D'une part, ceci est dû à la présence d'une plus grande surface en blé sur l'année 2016. D'autre part, 2016 correspond à une année à forte pression de maladie. Le chlorothalonil a été pulvérisé sur blé et orge d'hiver afin de limiter au mieux le développement de septoriose et de fusariose qui sont les deux principales maladies présentes sur ces cultures cette année.

Le S-métolachlore reste toujours la matière active la plus utilisée sur la zone d'étude avec une quantité pulvérisée de 88 kg. Il représente un tiers des herbicides épanchés sur la zone (*figure 17*). Nous observons tout de même une diminution de 23 kg par rapport à 2015 mais qui a probablement été compensée par une augmentation de la quantité de DMPTA-P utilisé. En effet, sa quantité a doublé de 2015 à 2016 et ce sont deux matières actives très similaires.

En ce qui concerne les IFT, ils restent équivalents pour le maïs et le soja à l'année précédente (*tableau 2*). En revanche, les IFT hors-herbicides ont augmenté pour le blé de 0,8 point et pour la betterave de 0,3 point. En effet, ceci coïncide avec une pression maladie plus élevée en 2016 qu'en 2015.

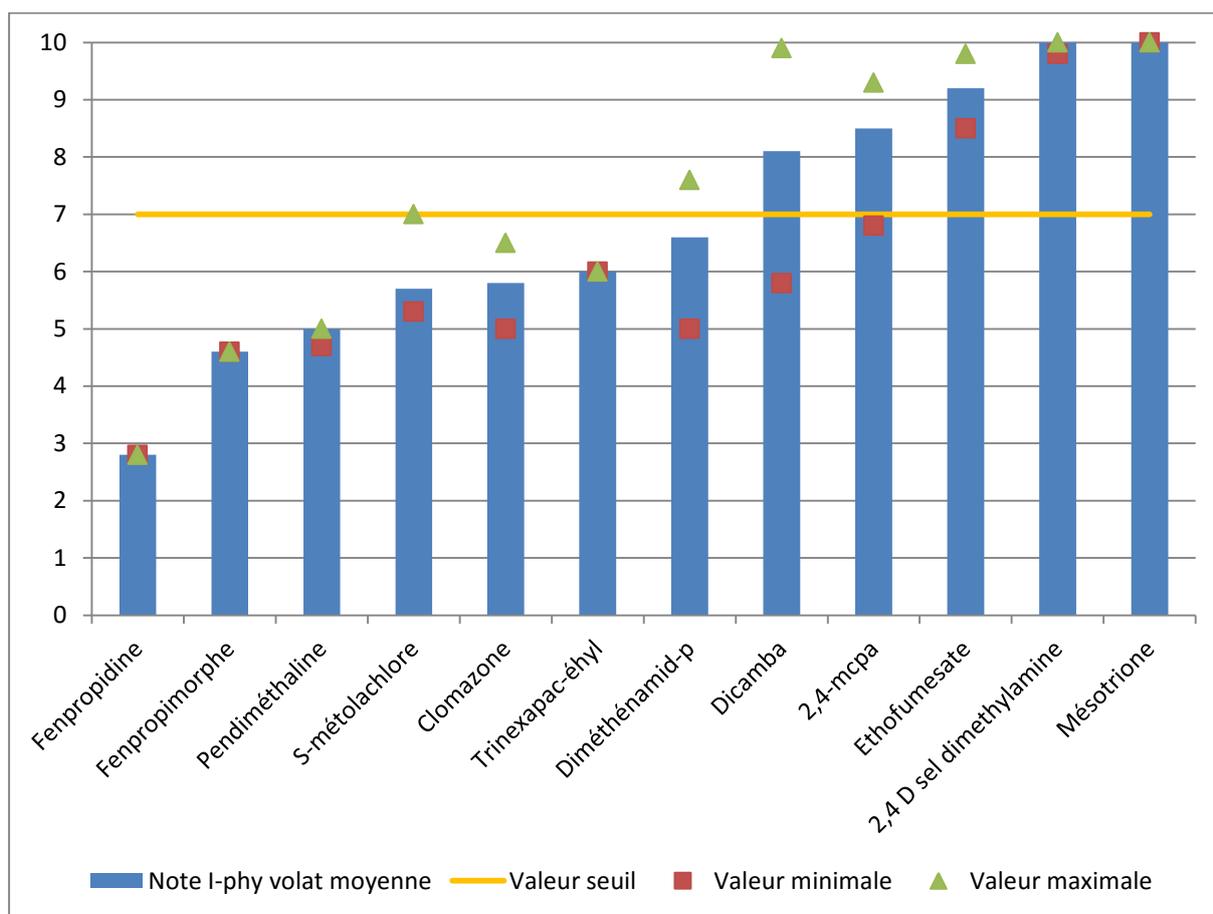


Figure 18 : Graphique des notes "I-phy volatilisation" moyenne par matière active en 2015

## B. Résultats I-phy air

### *Année 2015 (figure 18)*

La *figure 18* présente les notes « I-phy volatilisation » de différentes matières actives utilisées en 2015. Pour chaque traitement effectué sur la zone, une note a été calculée et ces notes ont ensuite été moyennées par matière active.

Sur l'ensemble des traitements réalisés sur la zone d'étude en 2015, les notes « I-phy volatilisation » vont de 2,7 pour la fenpropidine à 10 pour la mésotrione par exemple. Sur les 52 substances actives pulvérisés sur la zone, 45 ont une note moyenne supérieure à 7 et donc présentent un risque faible de volatilisation.

Parmi les 7 molécules qui présentent un risque de volatilisation élevé, ce sont deux fongicides qui présentent les notes moyennes les plus basses : la fenpropidine avec une note moyenne de 2,8 et le fenpropimorphe avec une note moyenne de 4,6. Cependant, ces deux substances actives sont utilisées en faible quantité sur la zone (inférieure à 2 kg). De plus, la moyenne ne représente que deux utilisations pour chacune des matières actives.

Le pendiméthaline présente la note « I-phy volatilisation » la plus faible des herbicides avec une note moyenne égale à 5. Cet herbicide pouvant être utilisé sur blé ou sur maïs est donc très susceptible de se volatiliser. De plus, sa note varie très peu, il est donc très souvent en condition de volatilisation.

Le S-métolachlore qui est la matière active la plus épandue sur la zone d'étude obtient une note « I-phy volatilisation » moyenne égale à 5,7. C'est le second herbicide le plus volatil derrière le pendiméthaline selon I-phy air. Cette note varie entre une valeur minimale de 5,3 et une valeur maximale de 7. Cela s'explique en général par le fait qu'il est utilisé à forte dose sur les cultures de maïs et de soja alors qu'il est utilisé à dose plus réduite sur betterave.

Le DMTA-P, qui est un herbicide utilisé sur le maïs et la betterave, obtient une note moyenne de 6,6 ; ce qui le classe parmi les molécules à risque de volatilisation. Il présente une importante variation (de 2,6 points). Cette variation s'explique par la culture cible. En effet, il est pulvérisé sur le maïs en pré-levée ou en post levée précoce, ce qui se traduit par une volatilisation très faible depuis la plante car encore peu développée. Sur betterave, il est peut-être fractionné en poste levée, ce qui se traduit par une volatilisation depuis la plante plus élevée car plus développée.

Le dicamba obtient une note « I-phy volatilisation moyenne » de 8,1. C'est donc une matière active qui présente un faible risque de volatilisation. Cependant, nous pouvons remarquer que cette note varie de 5,8 à 9,9 selon sa date d'application. En effet, le dicamba obtient de bonnes notes lorsque le maïs est à un stade jeune, ce qui correspond à une faible volatilisation depuis la plante alors qu'il obtient des notes inférieures à 7 lorsque le maïs est plus avancé ce qui correspond à une forte volatilisation depuis la plante. Cependant, les traitements tardifs au dicamba correspondent très souvent à des traitements réalisés en dirigé. Le traitement dirigé est un traitement réalisé avec un équipement particulier qui permet de traiter sous le maïs jusqu'au stade 10 feuilles. Or, ce type de pulvérisation n'est pas pris en compte par le calculateur I-phy air. Les mauvaises notes du dicamba en fin de période de traitement ne sont donc pas forcément représentatives de la réalité.

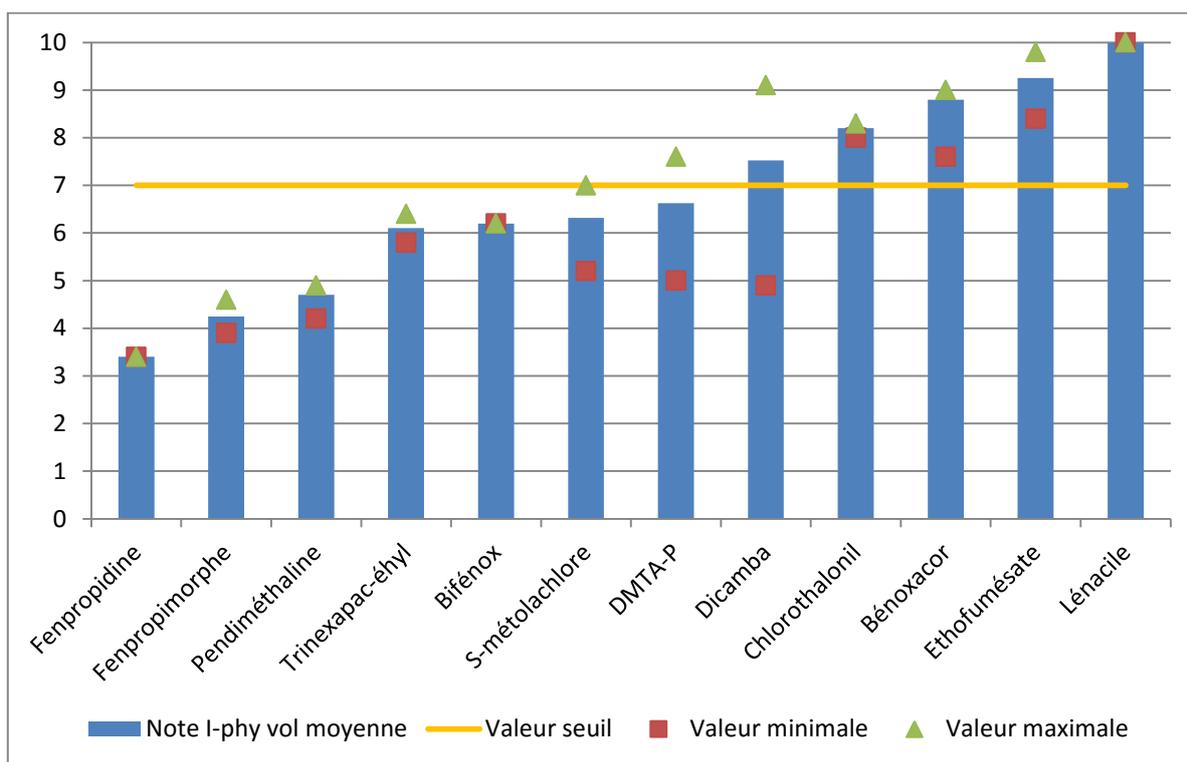


Figure 19 : Graphique des notes "I-phy volatilisation" moyenne par matière active en 2016

L'éthofumésate, qui est une molécule recherchée au cours des campagnes réalisées par l'ASPA en 2015, obtient une note moyenne de 9,2. Selon I-phy air, c'est donc une matière active qui est très peu soumise à la volatilisation. Il est en de même pour le 2,4D qui obtient la note moyenne maximale de 10.

***Année 2016 (figure 19) :***

Parmi les 60 molécules utilisées dans l'aire d'étude, 53 ont obtenu une note moyenne « I-phy volatilisation » supérieur à la valeur seuil qui est de 7. Par conséquent, 7 matières actives présentent un risque de volatilisation. Les notes s'échelonnent de 3,4 pour la fenpropidine à 10 pour le lénacile par exemple. De manière générale, nous retrouvons exactement les mêmes matières actives susceptibles de se volatiliser sur les deux années. Par exemple, les trois matières actives obtenant les notes les plus basses sont les mêmes sur les deux années.

En 2016, on retrouve en plus le bifénox car il n'a pas été utilisé en 2015. Il correspond à un herbicide utilisé sur blé et présente une note « I-phy volatilisation » de 6,2. C'est donc un herbicide susceptible d'être retrouvé dans l'atmosphère. Cependant, ceci reste à être validé car il n'a été utilisé que quatre fois sur la zone d'étude.

Nous constatons que le dicamba et le DMTA-P présentent toujours d'importantes variations de note « I-phy » en 2016. Contrairement à l'année 2015, il a surtout été utilisé sur maïs et c'est principalement le facteur de la dose qui explique cette variation pour le DMTA-P et non plus la culture. En effet, certains agriculteurs ont pulvérisé cet herbicide à dose réduite (en association avec d'autres produits), ce qui améliore sa note de volatilisation.

Le chlorothalonil, qui est la cinquième matière active la plus utilisée en 2016, a obtenu une note de 8,2 ce qui est supérieur à la valeur seuil. C'est donc un fongicide peu soumis au processus de volatilisation.

Le lenacile qui est un désherbant utilisé sur betterave présente la note « I-phy volatilisation » maximale de 10. Il est donc en principe non volatil.

**Tableau 3 : Matières actives à la fois recherchées par l'ASPA et pulvérisée sur la zone en 2015**

	<b>Famille</b>	<b>Recherché</b>	<b>Déecté</b>	<b>Quantifié</b>	<b>Pulvérisé</b>
DMTA-P	Herbicide	1	1	1	1
Ethofumésate	Herbicide	1	1	1	1
Fenpropimorphe	Fongicide	1	1	1	1
Pendiméthaline	Herbicide	1	1	1	1
S-métolachlore	Herbicide	1	1	1	1
Thirame	Fongicide	1	1	1	1
Bénoxacor	Herbicide	1	1	0	1
Clomazone	Herbicide	1	1	0	1
2,4-D	Herbicide	1	0	0	1

**Tableau 4 : Matières actives recherchées par l'ASPA mais non épandues sur la zone en 2015**

	<b>Famille</b>	<b>Recherché</b>	<b>Déecté</b>	<b>Quantifié</b>	<b>Pulvérisé</b>
Chlorpyriphos-éthyl	Insecticide	1	1	1	0
Cymoxanil	Fongicide	1	1	0	0
Cyprodinil	Fongicide	1	1	0	0
Lindane	Insecticide	1	1	0	0
Prosulfocarbe	Herbicide	1	1	0	0
Spiroxamine	Fongicide	1	1	0	0

## C. Interprétations des molécules retrouvées dans l'atmosphère

### *Année 2015 (tableaux 3 et 4)*

Parmi les 60 matières actives recherchées par l'ASPA en 2015, 14 matières actives ont été retrouvées dont la moitié a été quantifiée. Sur ces sept matières actives quantifiées, six ont bien été épandues sur la zone d'étude. Seul le chlorpyrifos-éthyl qui a été quantifié la semaine du 8 au 15 avril, n'a pas été utilisé dans ce rayon d'un km autour du préleveur d'air. Cet insecticide homologué sur pommiers et vignes a peut-être été transporté depuis une zone arboricole ou viticole. Comme l'a indiqué I-phy air, l'ASPA a bien quantifié le pendiméthaline, le S-métolachlore, le DMTA-P et le fenpropimophe.

Le thirame est un cas particulier car c'est une matière active qui n'est pas directement pulvérisée à la surface du sol ou de la plante mais un produit d'enrobage de semences. Il n'a été quantifié qu'une seule fois : la semaine du 8 avril à hauteur de 0,51 ng/m<sup>3</sup>. Cette semaine correspond à la majorité des semis de maïs dans la zone d'étude. Or, la totalité des semoirs à maïs des agriculteurs enquêtés est équipée de déflecteurs. Il semblerait donc que les déflecteurs ne suffisent pas à éviter complètement la dérive des produits de traitement des semences.

Le bénomacor et la clomazone sont deux herbicides qui ont été détectés par l'ASPA mais non quantifiés car en dessous du seuil de quantification. La clomazone est très sujette à la volatilisation car elle présente une note moyenne I-phy air de 5,8. Par contre, le bénomacor obtient une note moyenne de 8,7, ce qui signifie qu'il présente peu de risque de se retrouver dans l'air. Il a peut-être été soumis à un phénomène de dérive.

L'herbicide 2,4-D a été épandu sur la zone d'étude dans des quantités relativement proches de celles du diméthénamid-p. A l'inverse du DMTA-P, le 2,4-D n'a été ni quantifié ni détecté, ce qui est en accord avec sa note moyenne de 10 en volatilisation contre 6,6 pour le DMTA-P.

D'autres matières actives ont été détectées par l'ASPA mais ne sont pas ressorties des enquêtes auprès des agriculteurs présents dans l'aire d'étude. Ces matières actives correspondent notamment à des fongicides pouvant être utilisés en vigne telles que le cymoxanil, la cyprodinil ou encore la spiroxamine. En effet, le village d'Ohnenheim est situé entre deux vignobles : du côté français le vignoble Alsacien et du côté allemand le vignoble « Baden ». Le lindane a également été détecté à Ohnenheim malgré qu'il soit interdit en France depuis 1998. C'est un insecticide qui se dégrade lentement et qui n'a pas été utilisé qu'en agriculture mais aussi en protection du bois et en médecine vétérinaire.

**Tableau 5 : Matières actives à la fois recherchées par l'ASPA et pulvérisées sur la zone en 2016**

	<b>Famille</b>	<b>Recherché</b>	<b>Déecté</b>	<b>Quantifié</b>	<b>Pulvérisé</b>
Chlorothalonil	Fongicide	1	1	1	1
Ethofumésate	Herbicide	1	1	1	1
Fenpropimorphe	Fongicide	1	1	1	1
Lenacile	Herbicide	1	1	1	1
Pendiméthaline	Herbicide	1	1	1	1
S-metolachlore	Herbicide	1	1	1	1
DMTA-P	Herbicide	1	1	1	1
Cyhalothrine-lambda	Insecticide	1	1	1	1
Fenpropidine	Fongicide	1	1	1	1
Bénoxacor	Herbicide	1	1	0	1
Bromoxynil octanoate	Herbicide	1	1	0	1
Clomazone	Herbicide	1	1	0	1

**Tableau 6 : Matières actives recherchées par l'ASPA mais non épanduées sur la zone en 2016**

	<b>Famille</b>	<b>Recherché</b>	<b>Déecté</b>	<b>Quantifié</b>	<b>Pulvérisé</b>
Chlorpyrifos-éthyl	Insecticide	1	1	1	0
Cymoxanil	Fongicide	1	1	1	0
Dimétomorphe	Fongicide	1	1	1	0
Folpel	Fongicide	1	1	1	0
HCH-gamma	Insecticide	1	1	1	0
Krésoxim-méthyl	Fongicide	1	1	1	0
Penconazole	Fongicide	1	1	1	0
Prosulfocarbe	Herbicide	1	1	1	0
Spiroxamine	Fongicide	1	1	1	0
Aclonifen	Herbicide	1	1	1	0
Proquinazide	Fongicide	1	1	1	0

### *Année 2016 (tableaux 5 et 6)*

Sur les 80 molécules recherchées par l'ASPA, 24 ont été détectées dont 21 ont été quantifiées. Seulement 10 de ces 21 matières actives quantifiées ont bien été pulvérisées sur la zone.

Nous retrouvons bien le S-métolachlore, le DMTA-P, le pendiméthaline, l'éthofumésate et le fenpropimorphe qui sont des substances déjà quantifiées en 2015. Cette année, l'ASPA a quantifié en plus le chlorothalonil, la fenpropidine, la lambda-cyhalothrine et le lénacile.

Le chlorothalonil, qui est un fongicide utilisé sur blé et orge d'hiver, a été quantifié une seule fois la semaine du 26 mai, ce qui est hors période de traitement. Cependant, il présente une note « I-phy volatilisation » de 8,2, ce qui le classe parmi les molécules peu soumises à la volatilisation. Il semble donc difficile d'identifier clairement le processus à l'origine de la dispersion dans l'air de ce fongicide.

La lambda-cyhalothrine est un insecticide largement utilisé sur la zone d'étude contre la pyrale du maïs. Cet insecticide a été quantifié sur une semaine qui correspond à une semaine de traitement. La concentration mesurée est inférieure à 0,5 ng/m<sup>3</sup>. Cet insecticide obtient la note « I-phy air » maximale, ce qui signifie qu'il n'est pas soumis au processus de volatilisation. Il a probablement été soumis à un phénomène de dérive.

L'ASPA a donc relevé 11 matières actives qui ont été quantifiées mais non épandues sur la zone. Les concentrations de ces produits restent en général faibles (moins de 0,5 ng/m<sup>3</sup>) et en-dessous des concentrations des matières actives effectivement pulvérisées. Ce sont principalement des fongicides vignes qui ont probablement été transportés depuis les vignobles voisins. On retrouve notamment le cymoxanil et la spiromaxine qui sont des molécules qui ont également été quantifiées sur le site viticole de Kintzheim cette année. L'aclonifen, qui est quant à lui un herbicide homologué sur de nombreuses cultures, a été quantifié fin juillet. Cette période pourrait correspondre à un désherbage de parcelles de carottes situées plus au nord de la zone. L'orientation des vents dominants est NNE-S.

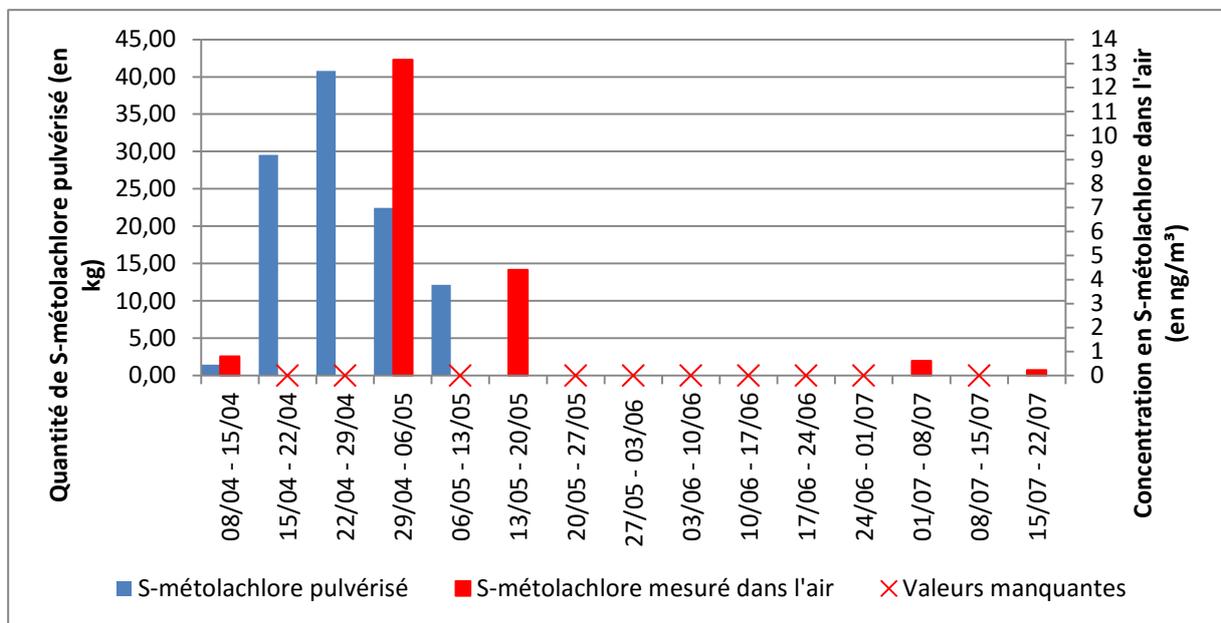


Figure 20: Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du S-métolachlore en 2015

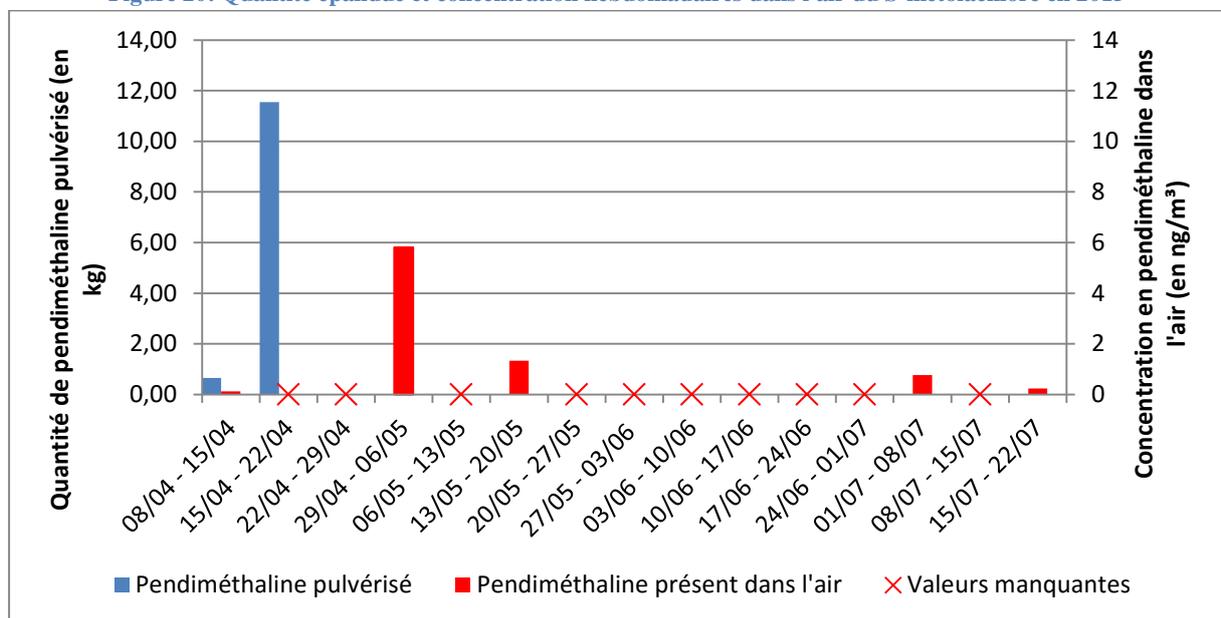


Figure 21: Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du pendiméthaline en 2015

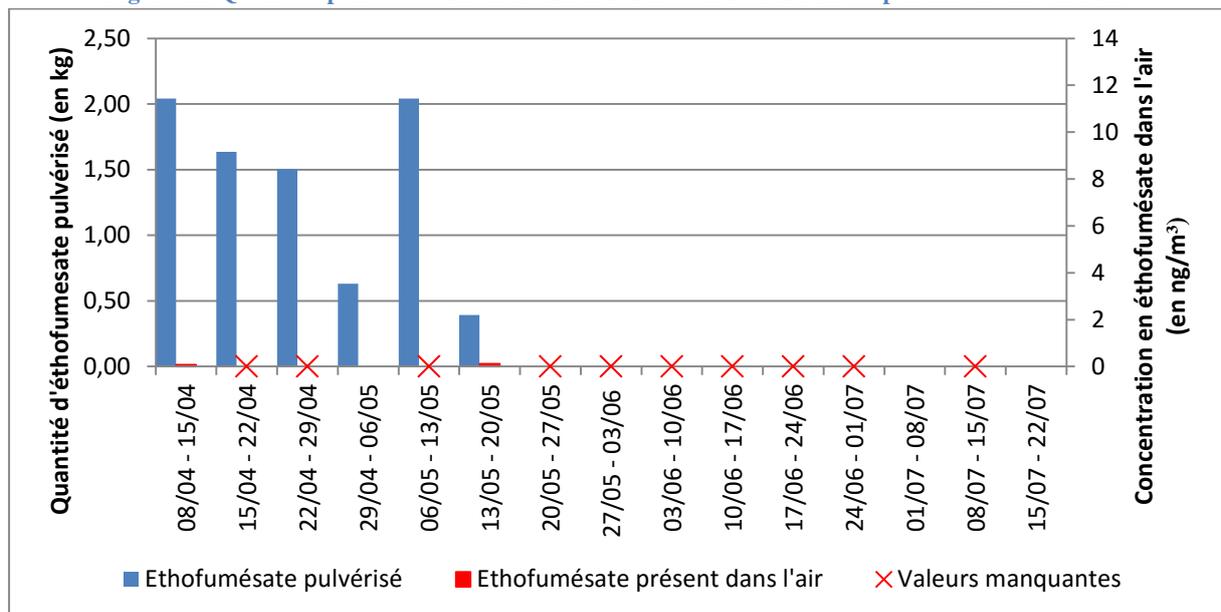


Figure 22 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air de l'éthofumésate en 2015

## D. Corrélation entre période d'épandage et concentration dans l'air

D'abord, il est important de rappeler que sur l'année 2015, les prélèvements d'air n'ont pas été faits en continu sur toute la période de traitement mais seulement sur 5 semaines. C'est seulement à partir de cette année que les prélèvements d'air ont été réalisés sans interruption.

### *Année 2015*

Le S-métolachlore a été utilisé sur l'aire d'étude du 8 avril au 13 mai (*figure 20*). Sur les cinq semaines de prélèvement, cette matière active a été quantifiée à chaque fois. Il a été épandu sur la zone pour la dernière fois la semaine du 6 mai et pourtant l'ASPA en retrouve encore les semaines du 13 mai, du 1 juillet et du 15 juillet. De plus, l'indicateur « I-phy volatilisation » montre que c'est une matière active très volatile. Le fait de retrouver encore du S-métolachlore au 1<sup>er</sup> juillet alors qu'il n'y a plus de traitement en plein aurait pu nous faire penser à un traitement de bordures de parcelles ou de passages d'irrigation. Cependant, l'enquête a révélé que dans la majorité des cas, les bordures de parcelles sont broyées et les passages d'irrigation sont travaillés. Seuls deux agriculteurs désherbent leurs bordures de parcelles et leurs passages d'irrigation mais avec du glyphosate et non du S-métolachlore. Nous pouvons donc penser que le S-métolachlore a subi de la volatilisation et que celle-ci peut encore avoir lieu plusieurs semaines après de dernier traitement.

Le pendiméthaline, qui est un herbicide utilisé sur soja, a été pulvérisé sur la zone d'étude les semaines du 8 avril et du 15 avril (*figure 21*). Il a été quantifié par l'ASPA sur les cinq semaines de mesure et c'est la seule matière active quantifiée en hiver la semaine du 23 décembre qui est une semaine témoin. Il a donc été quantifié hors période de traitements. De plus, selon « I-phy air », il présente la note la plus basse de la zone et est donc largement volatil. Ces quantités retrouvées hors période de traitement peuvent donc correspondre à de la volatilisation ou à du transport au-delà du rayon d'un km. Le pendiméthaline n'est pas un herbicide utilisé uniquement sur cultures céréalières mais également sur cultures légumières.

L'éthofumésate qui est un herbicide utilisé sur betterave a été pulvérisé sur la zone du 8 avril au 20 mai (*figure 22*). Sur les cinq semaines d'analyse, il n'a été retrouvé que deux fois : la semaine du 8 avril et la semaine du 13 mai. Il n'a donc pas été quantifié en dehors de la période de traitement. De plus, il n'a pas non plus été retrouvé la semaine du 9 avril alors que des traitements ont eu lieu cette même semaine et la semaine précédente. Enfin, selon « I-phy air », l'éthofumésate est très peu sujet à la volatilisation puisqu'il a obtenu une note moyenne de 9,2, ce qui est bien supérieur à la valeur seuil de 7. Nous pouvons donc penser que l'éthofumésate n'a été affecté que par la dérive au moment du traitement.

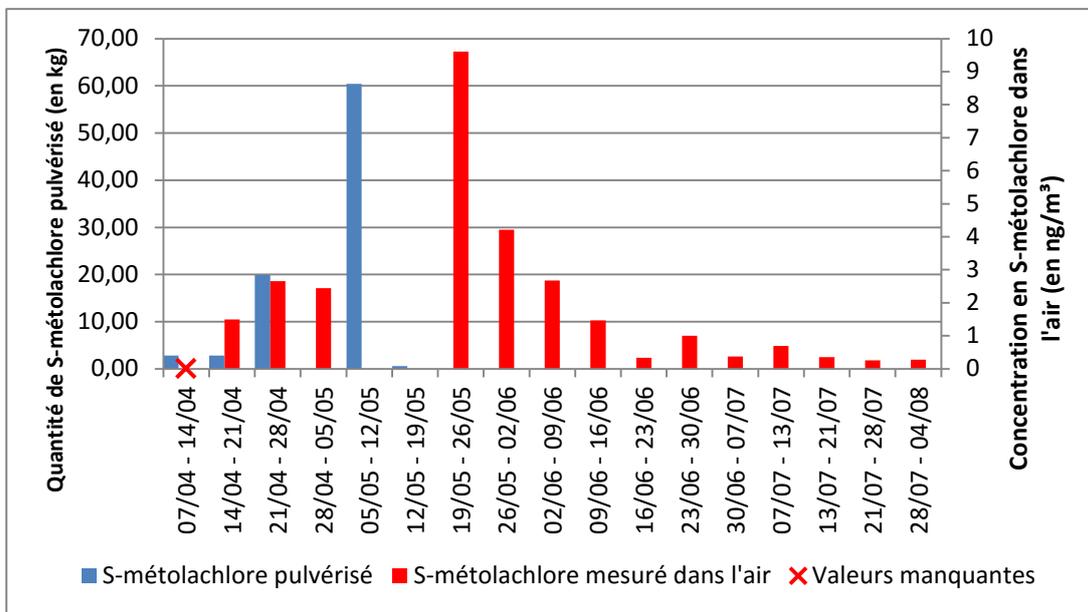


Figure 23: Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du S-métolachlore en 2016

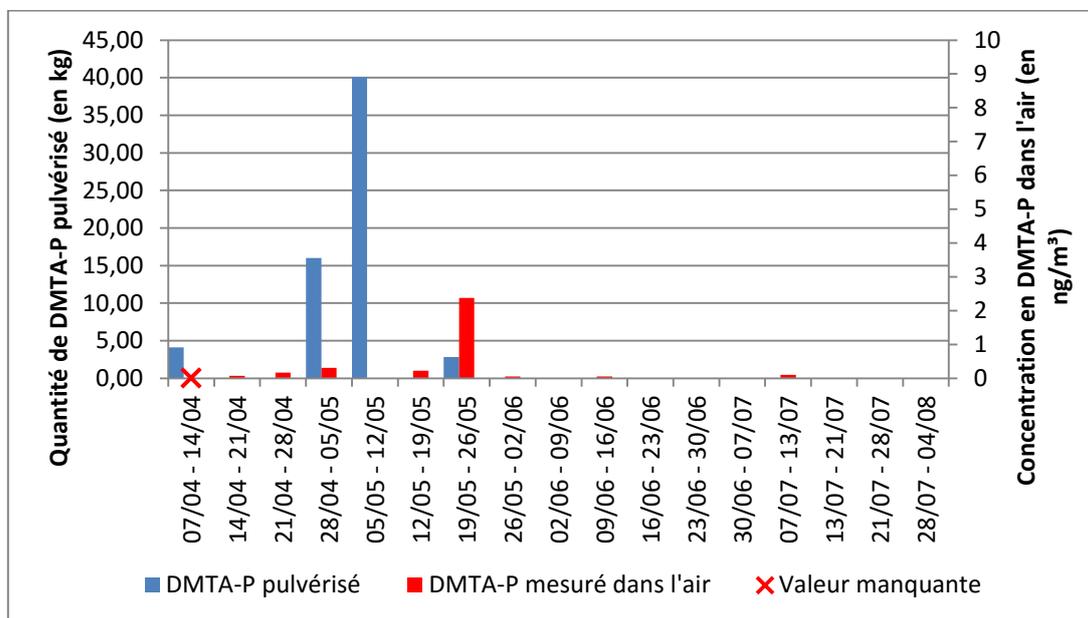


Figure 24 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du DMTA-P en 2016

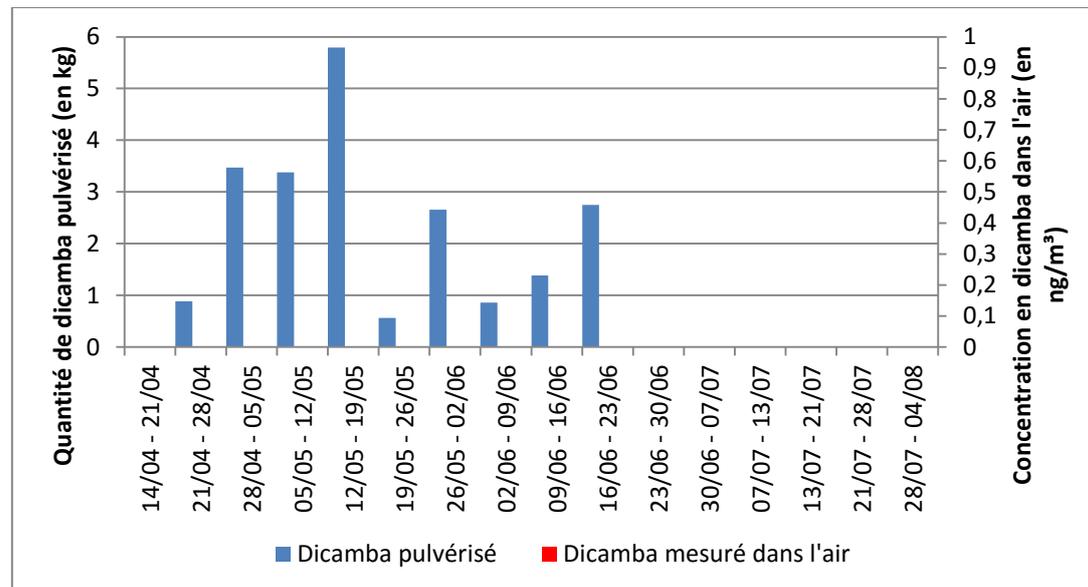


Figure 25 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du dicamba en 2016

## Année 2016

Sur l'année 2016, les analyses d'air ont été réalisées en continu depuis le 14 avril jusqu'au 4 août.

En 2016, le S-métolachlore a été utilisé au mois d'avril sur 3 semaines consécutives du 7 avril au 28 avril et au mois de mai sur deux semaines consécutives du 5 mai au 19 mai (*figure 23*). Sur les 16 semaines de mesure, cet herbicide a été quantifié 14 fois. Le pic de concentration se situe la semaine du 19 mai avec 9,61 ng/m<sup>3</sup> soit une semaine après la fin des traitements. Les concentrations en S-métolachlore restent supérieures à 1 ng/m<sup>3</sup> pendant quatre semaines après la fin des traitements. Nous supposons que la zone est représentative de la petite région et que par conséquent il n'y a plus de traitements au S-métolachlore même au-delà du rayon d'un km. Les passages d'irrigation et les bordures de parcelles n'ont pas non plus été désherbés au S-métolachlore en 2016. De plus, sur les traitements 2016, cet herbicide a obtenu une note moyenne de volatilisation de 6,3, ce qui est en-dessous de la valeur seuil. Nous pouvons donc supposer que le S-métolachlore a été soumis au processus de volatilisation. A partir de la semaine du 16 juin, les teneurs en S-métolachlore restent inférieures à 1 ng/m<sup>3</sup>, ce qui correspond probablement à une situation de fond. Cependant, nous pouvons constater que l'ASPA n'a détecté aucune présence de S-métolachlore les semaines du 5 mai et du 12 mai alors que la semaine du 5 mai correspond au maximum de pulvérisation de cet herbicide sur la zone. Ceci est probablement à mettre en lien avec les données météorologiques. En effet, la semaine du 5 mai correspond à la semaine la plus pluvieuse de ces 16 semaines de mesure avec une quantité de précipitations cumulées de 47 mm d'eau, ce qui a certainement eu pour conséquence de maintenir la matière active au sol. L'absence de volatilisation la semaine d'après est peut être due à des températures trop basses puisque la moyenne des maximums des températures ne s'élève qu'à 17°C. Les données météorologiques sont celles de la station de Sélestat située à environ 10 km à vol d'oiseau du village d'Ohnenheim.

Le DMTA-P, qui est un herbicide pulvérisé sur maïs et betterave, a été utilisé sur quatre semaines : les semaines du 7 avril, du 28 avril, du 5 mai et du 19 mai (*figure 24*). Il a été détecté 8 fois sur les 16 semaines de mesure. En dehors des périodes de traitement, les concentrations en DMTA-P sont très faibles. Selon « I-phy air », il est un peu moins soumis au phénomène de volatilisation que le S-métolachlore, ce qui semble se vérifier sur le terrain. Cependant, tout comme le S-métolachlore, il n'a pas été quantifié la semaine du 5 mai alors qu'il a été épandu à hauteur de 40 kg sur la zone. Les précipitations importantes de cette semaine auraient aussi impacté l'émission dans l'air du DMTA-P.

Les traitements au dicamba, qui est un herbicide du maïs largement utilisé contre le liseron, peuvent correspondre à des traitements en plein qui peuvent être réalisés tout au long de la période de traitement ou à des traitements en dirigé qui sont eux plutôt réalisés aux mois de mai-juin. En 2016, le dicamba a été utilisé sur la période allant du 21 avril au 23 juin avec des quantités par semaines s'échelonnant de 0,5 kg à presque 6 kg (*figure 25*). Or, nous avons vu que dans certains cas, selon « I-phy air », le dicamba pouvait atteindre une note minimale de 4,9 et donc être soumis à la volatilisation. Cependant, cet herbicide n'a jamais été retrouvé dans l'air sur les 16 semaines d'analyse alors qu'il a été utilisé sur 9 semaines consécutives. Il n'est donc probablement pas soumis au processus de volatilisation. Le logiciel « I-phy air » a peut-être surévalué sa volatilisation depuis la surface de la plante.

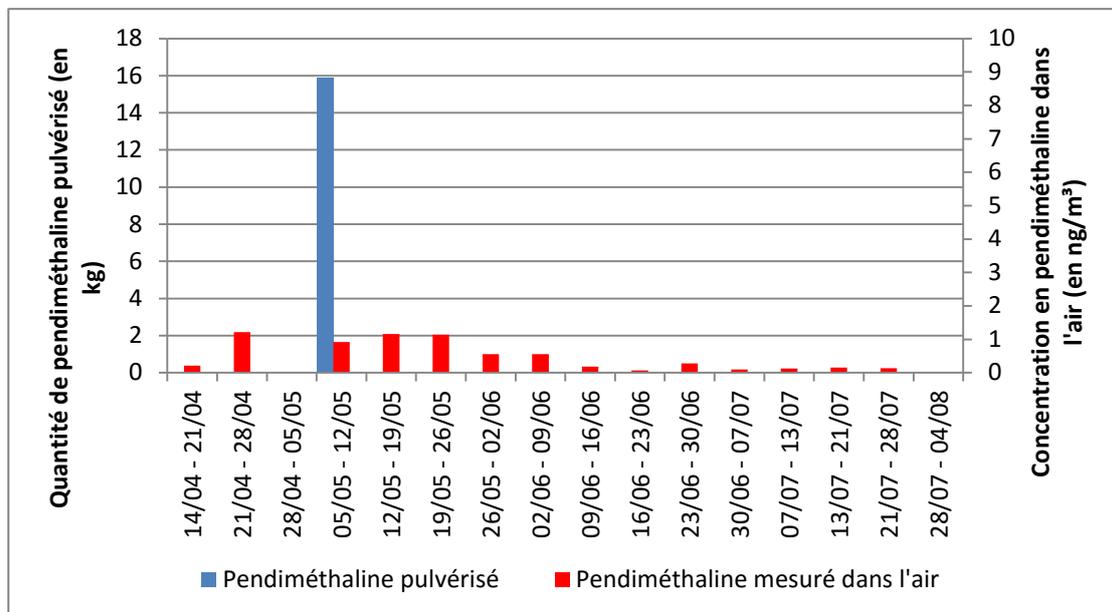


Figure 26 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du pendiméthaline en 2016

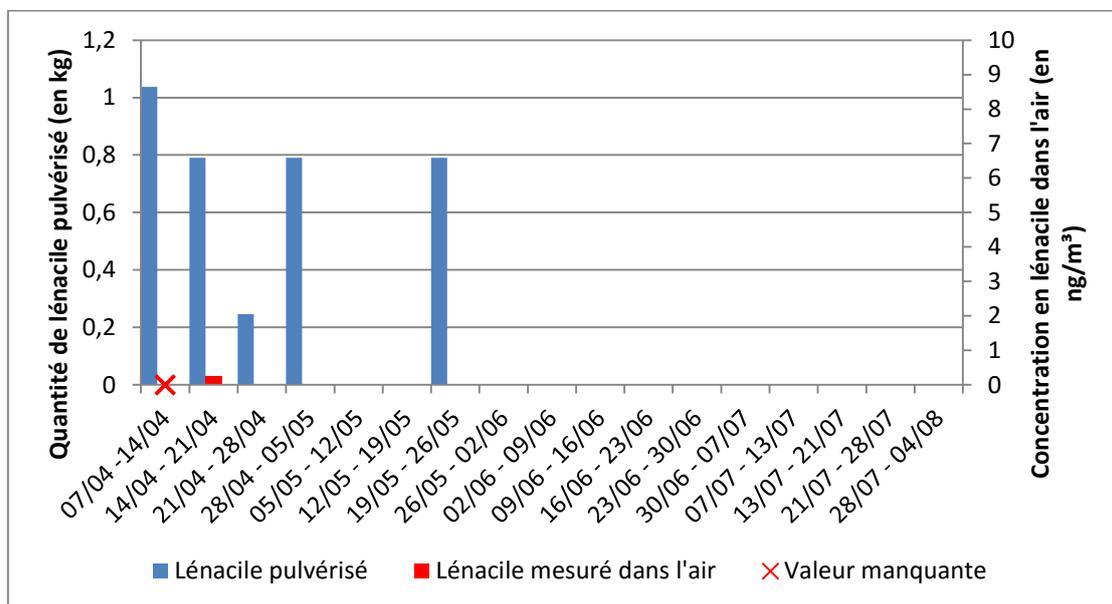


Figure 27 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du lénacile en 2016

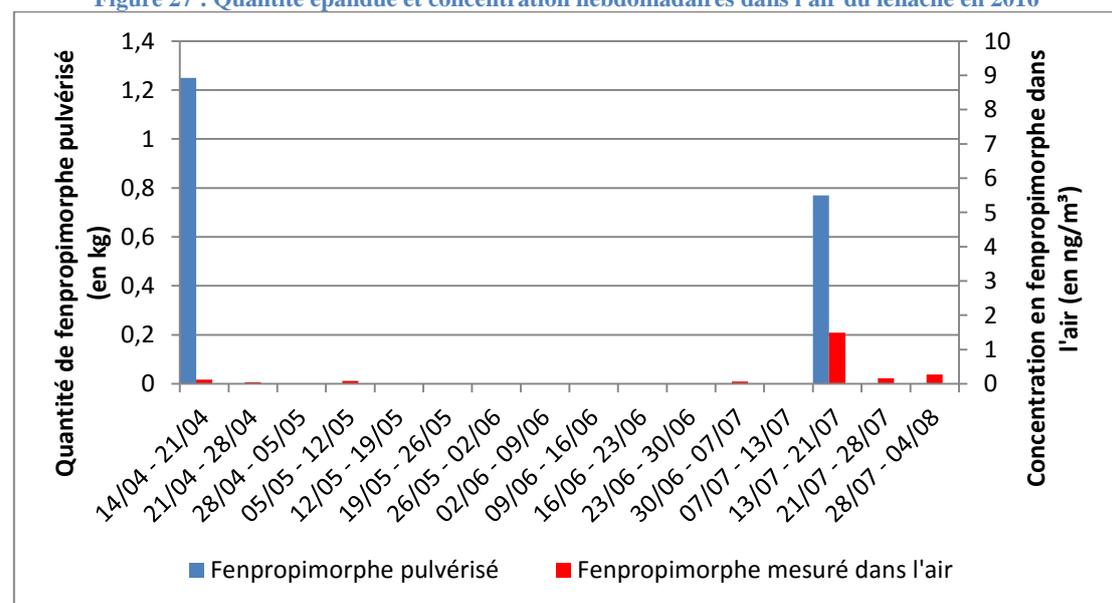


Figure 28 : Quantité épandue et concentration hebdomadaires dans l'air du fenpropimorphe en 2016

D'autres molécules telles que la mésotrione et le nicolsulfuron sont utilisées à des fréquences aussi élevées que le dicamba et ne sont pas non plus retrouvées dans l'atmosphère. Ces deux herbicides ne sont donc pas non plus soumis à la volatilisation comme l'indiquent également le calculateur « I-phy air ».

Sur l'année 2016, le pendiméthaline a été pulvérisé sur une seule semaine, celle du 5 mai (*figure 26*). Il a été quantifié 14 fois sur les 16 semaines de mesure. Il est d'ailleurs retrouvé avant même la semaine de traitement. Il a donc été transporté à partir d'une zone située au-delà du rayon d'enquête d'un km. Les concentrations en pendiméthaline sont proches de 1 ng/m<sup>3</sup> sur quatre semaines allant du 21 avril au 26 mai. A partir du 26 mai, ces concentrations diminuent et sont inférieures ou égales à 0,5 ng/m<sup>3</sup>. Après la semaine de traitement, le pendiméthaline a peut-être pu se volatiliser avant de redescendre à des concentrations très basses qui correspondent au niveau de fond local.

Le lénacile, qui est un herbicide utilisé sur betterave, a été pulvérisé sur la zone d'étude sur quatre semaines consécutives du 7 avril au 5 mai et sur la semaine du 19 mai (*figure 27*). Les quantités utilisées sont faibles et ne dépassent jamais plus de 1kg. Sur les 16 semaines de mesures, le lénacile n'est quantifié qu'une seule fois, la semaine du 14 avril, à hauteur de 0,25 ng/m<sup>3</sup>, ce qui est une concentration faible. Le lénacile n'est donc pas retrouvé dans l'air en dehors de la période de traitement. De plus, selon « I-phy air », c'est une molécule dont le potentiel de volatilisation est négligeable puisqu'elle obtient la note maximale de 10. Le lénacile a donc été soumis à un phénomène de dérive. Pour valider cette hypothèse, il aurait été intéressant d'avoir accès à la vitesse et à la direction du vent la semaine du 14 avril, et comparer cela à la localisation des parcelles traitées au lénacile.

Le fenpropimorphe est un fongicide qui a été pulvérisé sur blé la semaine du 14 avril et sur betterave la semaine du 13 juillet (*figure 28*). Il a été quantifié 7 fois sur les 16 semaines de mesure. Dans le cas du blé et de la betterave, il est retrouvé sous formes de traces plusieurs semaines après la fin des traitements, ce qui indiquerait qu'il a été soumis à un phénomène de volatilisation. Ceci serait en accord avec la note de 4,3 obtenu dans le calculateur « I-phy air ».



## IV. Discussion et perspectives

### A. Réponse à la problématique

Grâce à l'indicateur « I-phy air », nous avons pu évaluer le risque de volatilisation des différentes matières actives pulvérisées sur la zone. Il permet bien de faire un tri entre les matières actives à risque de volatilisation et celles présentant un risque négligeable. Cet outil peut aussi être utilisé pour calculer une note de dérive par matière active mais dans le cas des grandes cultures, cet indicateur fait très peu de distinction entre les matières actives. Il ne permet pas de conclure si une matière active est plus susceptible d'être soumise au phénomène de dérive qu'une autre dans ses conditions d'application.

Il existe bien un lien entre les matières actives pulvérisées sur la zone d'étude et celles retrouvées dans l'air. Cette méthode nous a permis d'identifier différents cas de figure :

- Il y a les matières actives épandues sur la zone d'étude mais non retrouvées dans l'air comme le dicamba ou la mésotrione. Elles obtiennent en général des notes « I-phy » supérieures à la valeur seuil. Ce sont donc des matières peu ou pas soumises au phénomène de volatilisation.
- Pour les matières actives pulvérisées et retrouvées sur plusieurs semaines, celles-ci présentent en général une situation de fond avec des concentrations inférieures à 0,5 ng/m<sup>3</sup> qui deviennent plus importantes (supérieures à 1 ng/m<sup>3</sup>) au moment des traitements et quelques semaines après. Nous pouvons citer comme exemple le S-métolachlore, le pendiméthaline et de DMTA-P. Ces matières actives ont probablement été soumises au phénomène de volatilisation.
- Pour les matières actives quantifiées sur une semaine ou deux à de faibles concentrations et toujours en période de traitement, il s'agit en générale de molécules peu volatiles qui ont probablement été soumises à un phénomène de dérive. C'est notamment le cas de l'éthofumésate ou du lénacile.
- Les autres matières actives qui ont été quantifiées mais non pulvérisées par les agriculteurs de la zone ont probablement été transportées à partir de parcelles situées au-delà du rayon d'un km. Il s'agit principalement de molécules utilisées sur des productions différentes de celles rencontrées dans l'aire d'étude (vignes, arbres fruitiers, cultures légumières). Il s'agit par exemple du cymoxanil et du spiroxamine.

### B. Discussion par rapport aux résultats

De manière générale, l'indicateur « I-phy air » est assez fiable, il nous permet d'avoir une bonne idée des matières actives qui sont susceptibles de se volatiliser. En effet, les matières actives présentant des notes moyennes inférieures à 7 sont très souvent retrouvées dans l'air à des concentrations assez élevées. Cependant, pour le dicamba, les notes « I-phy volatilisation » présentent une importante variation avec des situations où les notes sont inférieures à la valeur seuil alors qu'il n'a jamais été quantifié dans l'air sur l'année 2016. En effet, « I-phy air » calcule une importante volatilisation depuis la plante lorsqu'il est appliqué aux mois de mai-juin alors qu'il est très souvent dirigé vers le sol grâce à la technique du traitement dirigé. Il serait donc intéressant de pouvoir renseigner dans le logiciel cette technique de pulvérisation particulière. Il est déjà possible d'indiquer au logiciel lorsqu'il s'agit d'un traitement incorporé au sol. De plus, il serait intéressant d'intégrer davantage de paramètres dans le calcul des notes de volatilisation comme le temps de demi-vie de la matière active et son mode d'action (systémique, pénétrant ou de contact).

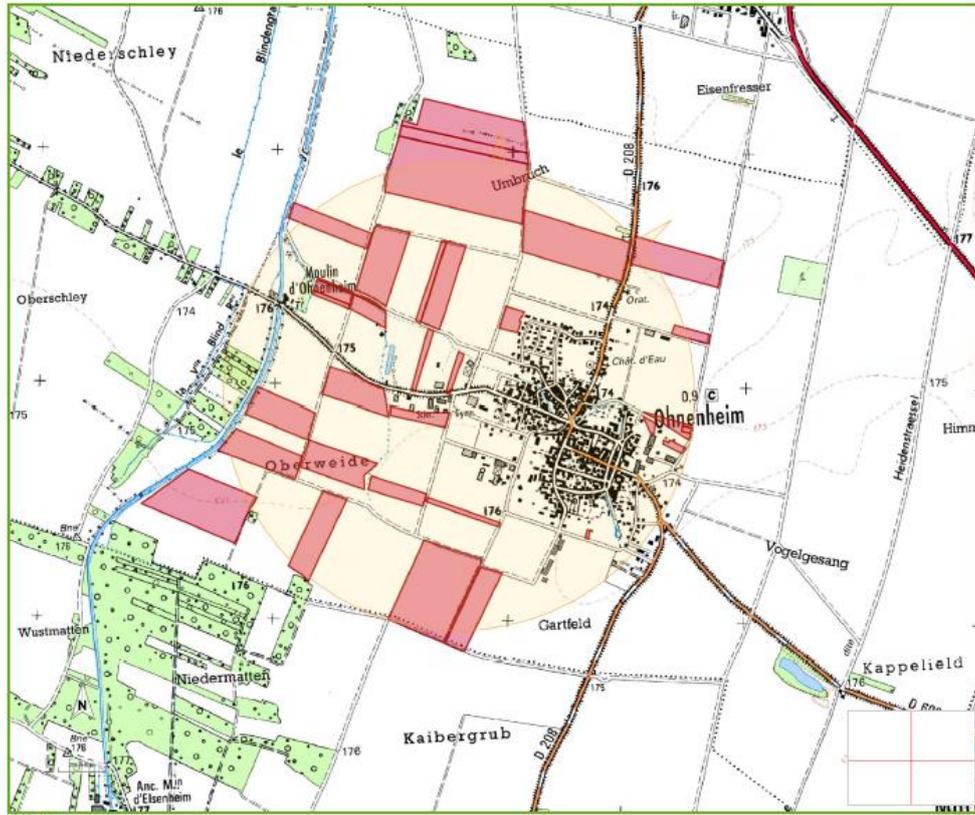


Figure 29 : Localisation des parcelles pulvérisées au S-métolachlore en 2016

Les premiers résultats de l'année 2016 mises à disposition par l'ASPA n'ont d'abord révélé aucune détection de DMTA-P. Or, les quantités de DMTA-P utilisées ont été multipliées par deux de 2015 à 2016 et en 2015, cette matière active a bien été quantifiée. Après discussion et vérification avec le laboratoire d'analyse, il y a eu une erreur dans la retranscription des concentrations en DMTA-P et celui-ci a bien été quantifié en 2016.

Afin d'identifier clairement qu'il s'agisse bien d'un phénomène de dérive, il aurait été intéressant de croiser la vitesse et l'orientation précise du vent avec la localisation des parcelles par rapport au capteur d'air. En faisant cela, il est possible d'identifier précisément de quelle parcelle provient la dérive. La localisation des parcelles pulvérisées avec une même matière active est possible grâce au logiciel « Nos territoires ». La *figure 29* montre par exemple la localisation de l'ensemble des parcelles qui ont été pulvérisées au S-métolachlore en 2016. Cependant, cela pose un autre problème, celui de l'identification de l'agriculteur exploitant la parcelle soumis au phénomène de dérive.

Enfin, les concentrations en matières actives dans l'air sont faibles, de l'ordre du ng/m<sup>3</sup>. Etant donné qu'il n'existe pas de norme ni de seuil de toxicité pour une exposition à long terme, il reste difficile d'évaluer ces concentrations et de juger si elles sont réellement faibles ou alors importantes.

### **C. Discussion par rapport à la méthodologie**

Nous avons vu que des matières actives non pulvérisées sur la zone ont tout de même été quantifiées dans les analyses d'air. Ce sont souvent des matières actives utilisées sur des cultures différentes de celles retrouvées dans la zone enquêtée. Ce sont en général des molécules pouvant être utilisées en viticulture, en arboriculture et en maraichage. Il aurait peut-être été intéressant non pas d'élargir la zone mais d'aller enquêter un arboriculteur, un maraicher et un viticulteur situés au plus proche de la zone d'étude afin d'identifier les sources potentielles des matières actives retrouvées mais non pulvérisées.

Afin de mieux rendre compte de l'influence des données météorologiques sur les processus d'émission des matières actives dans l'air, il aurait peut-être été pertinent de réduire le pas de temps des analyses d'air. Des campagnes sur un pas de temps journaliers ont déjà été réalisées par d'autres AASQA. De plus, une micro-station météorologique à l'emplacement du capteur d'air mesurant la vitesse et l'orientation du vent, la pluviométrie et les températures nous donnerait des informations utiles à l'interprétation des matières actives retrouvées dans l'air.

Enfin, il aurait été intéressant d'affecter des coefficients aux quantités épandues en fonction de l'éloignement par rapport au capteur afin de prendre en considération l'échelle spatiale. Cependant, il aurait été difficile d'estimer la valeur de ces coefficients sans tenir compte de l'orientation des vents.



## D. Perspectives

Cette étude sera reproduite sur 8 sites de 2017 à 2019 puisque le projet RePP'air a bien été validé cet été par le ministère en charge de l'agriculture. Les sites qui seront évalués sont :

- Un site grandes cultures en Alsace (le site faisant l'objet de cette étude)
- Un site grandes cultures/viticulture en Poitou-Charentes
- Deux sites polyculture-élevage en Lorraine et en Bretagne
- Deux sites viticoles dans le Pays de la Loire et dans le Languedoc-Roussillon
- Deux sites arboricoles en Centre-Val de Loire et Rhône-Alpes.

Mon travail sera présenté au comité de pilotage du projet RePP'air et servira de base de travail pour le lancement du projet.

Les enjeux de ce projet sont multiples que ce soit par rapport à l'agriculture, à la société et par rapport aux acteurs de la recherche et du développement. Pour l'agriculture, les enjeux sont : de montrer au grand public que le secteur agricole intègre ces nouvelles questions dans leurs réflexions et aussi d'anticiper de potentiels changements de réglementation. Pour la société, l'enjeu est de viser une diminution de l'exposition des populations aux produits phytosanitaires dans l'air. Pour les acteurs de la recherche et du développement, l'enjeu est d'apporter des réponses concernant la présence des produits phytosanitaires dans l'air pour aboutir à du conseil agricole.



## Conclusion

La volatilisation et la dérive sont à la base du transfert des substances actives vers l'atmosphère. Ce sont deux phénomènes complexes dépendants de nombreux facteurs. Cependant, il est possible de réduire l'ampleur de la dérive en respectant de bonnes pratiques de traitement, c'est-à-dire en traitant dans de bonnes conditions climatiques et en respectant les bonnes conditions d'utilisation du matériel de pulvérisation. Les solutions permettant de réduire l'ampleur de la volatilisation sont encore mal connues.

L'un des objectifs de cette étude était de tester une méthode pour faire le lien entre les pratiques de traitement phytosanitaire et les résultats d'analyse de la qualité de l'air. Cette méthode a permis de montrer qu'il y avait bien une cohérence entre les matières actives retrouvées dans l'air et les pratiques de traitement réalisées par les agriculteurs. De plus, nous avons pu émettre des hypothèses quant aux phénomènes à l'origine de l'émission des produits phytosanitaires retrouvés dans le compartiment aérien. La répétition de cette étude à la fois sur plusieurs sites et sur plusieurs années permettra de valider ou non ces hypothèses.

Ce mémoire aborde uniquement l'émission des matières actives dans l'air telles quelles. Cependant, ces molécules peuvent être soumises à des phénomènes de dégradation qui vont modifier leurs propriétés physico-chimiques et donner naissance à des produits de dégradation. Ils peuvent alors constituer des aérosols et des polluants secondaires comme l'ozone (De Luca, 2007). Ces produits de dégradation peuvent aussi être néfastes pour la santé de l'homme.



## Bibliographie

- AIRPARIF, 2007.** Évaluation des concentrations en pesticides dans l'air francilien : campagne exploratoire. 54 p
- ASPA, 2015.** Evaluation des produits phytosanitaires dans l'air en Alsace. Année 2014. 51 p
- Barriuso E., Carpentier A.-S., Charbonnier E., Ronceux A. et Soubelet H., 2015.** Pesticides: Des impacts aux changements de pratiques. Quae. 569 p
- Bedos C., Cellier P., Calvet R., Barriuso E. et Gabrielle B., 2002.** Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview. . 2002. p. 13.
- Bedos C., Générmont S., Le Cadre E., Garcia L., Barriuso E. et Cellier P., 2009.** Modelling pesticide volatilization after soil application using the mechanistic model Volt'Air. . 2009. p. 3630-3639.
- Bockstaller C., 2016.** Calculateur I-phy2 V1.55.
- Bossan, Wortham et Masclet, 1995.** Atmospheric transport of pesticides adsorbed on aerosols I. Photodegradation in simulated atmosphere. 21-29 p
- Bourdin S., Distel A., Geisert N., Lemot A., Orth D. et Wilmes C., 2013.** Une Agriculture Alsacienne aux Multiples Visages. Agreste Alsace. 95 p
- Briand O., Bertrand F., Millet M. et Seux R., 2001.** Étude expérimentale des transferts sol-air de pesticides à l'échelle d'une parcelle. Utilité de déterminer des flux de volatilisation. Ingénieries. 2001. p. 67-71.
- Cemagref, 2011.** Pesticides, agriculture et environnement - Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux. Editions Quae. 138 p
- Chambre d'Agriculture Alsace, 2016.** L'agriculture alsacienne. . Disponible à l'adresse : <http://www.alsace.chambagri.fr/menu-horizontal/agrialsace/ses-contours.html>. [Consulté le 19 mai 2016].
- Chambre d'Agriculture d'Alsace, 2015.** Itinéraires techniques du maïs, du sorho et du soja. Préconisations 2016. 67 p
- Codis, Vergès, Ruelle, Hebrard, Magnier, Montegano et Ribeyrolles, 2015.** EvaSprayViti : Une vigne artificielle pour l'optimisation agro-environnementale de la pulvérisation en viticulture. 11 p
- CORPEN, 2007.** Les produits phytosanitaires dans l'air : origine, surveillance et recommandations pratiques en agriculture. 122 p
- Davy A., 2013.** Réduire les intrants : que peut-on attendre des panneaux récupérateurs ? 6 p
- De Luca M., 2007.** Contribution à la modélisation de la pulvérisation d'un liquide phytosanitaire en vue de réduire les pollutions. 201 p

**De Ruiter, Holterman, Kempenaar et Zande, 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). 42 p

**Ecophyto, 2015.** Plan Ecophyto 2. 67 p

**FOCUS, 2008.** Pesticides in air : consideration for exposure assessment Report prepared by the FOCUS Working Group On Pesticides in Air (FOCUS Air Group). 327 p

**FREDON-LORRAINE, 2013.** Produits phytosanitaires : les bons réflexes ! . 2013. p. 7.

**Galea K.S., MacCalman L., Jones K., Cocker J., Teedon P., Cherrie J.W. et van Tongeren M., 2015.** Comparison of residents' pesticide exposure with predictions obtained using the UK regulatory exposure assessment approach. . 2015. Vol. 73, n° 2, p. 634-643.

**Glotfelty D.E., Taylor A.W., Turner B.C. et Zoller W.H., 1984.** Volatilization of surface-applied pesticides from fallow soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1 mai 1984. Vol. 32, n° 3, p. 638-643.

**Guth J.A., Reischmann F.J., Allen R., Arnold D., Hassink J., Leake C.R., Skidmore M.W. et Reeves G.L., 2004.** Volatilisation of crop protection chemicals from crop and soil surfaces under controlled conditions--prediction of volatile losses from physico-chemical properties. Chemosphere. novembre 2004. Vol. 57, n° 8, p. 871-887.

**INERIS, 2005.** Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation. 139 p

**LAAF, 2014.** Loi d'Avenir pour l'Agriculture, l'Alimentation et la Forêt. 2014.

**Lichiheb N., Bedos C., Personne E. et Barriuso E., 2015.** Synthèse des connaissances sur le transfert des pesticides vers l'atmosphère par volatilisation depuis les plantes.  
<http://irevues.inist.fr/pollution-atmospherique>. Disponible à l'adresse :  
<http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=4732>.  
[Consulté le 7 avril 2016].

**Marliere F., 2001.** Pesticides dans l'air ambiant. 119 p

**Müller T., Staimer N. et Kubiak R., 1998.** Influence of soil pH and contents of organic carbon and clay on the volatilization of [<sup>14</sup>C]fenpropimorph after application to bare soil. Pesticide Science. 1998. Vol. 53, n° 3, p. 245-251.

**Nash R.G., 1983.** Comparative volatilization and dissipation rates of several pesticides from soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1 mars 1983. Vol. 31, n° 2, p. 210-217.

**Pflieger M., 2009.** Etude de la dégradation photochimique des pesticides adsorbés à la surface de particules atmosphériques. Université de Provence-Aix-Marseille I.  
[Consulté le 28 avril 2016]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00414758/>. 293 p

**Rice C.P., Nocketto C.B. et Zara P., 2002.** Volatilization of Trifluralin, Atrazine, Metolachlor, Chlorpyrifos,  $\alpha$ -Endosulfan, and  $\beta$ -Endosulfan from Freshly Tilled Soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1 juillet 2002. Vol. 50, n° 14, p. 4009-4017.

**Rüdel H., 1997.** Volatilisation of pesticides from soil and plant surfaces. Chemosphere. juillet 1997. Vol. 35, n° 1-2, p. 143-152.

**Wolters A., 2003.** Pesticide Volatilization from Soil and Plant Surfaces: Measurements at Different Scales versus Model Predictions. 142 p

**Woodrow J.E., Seiber J.N. et Baker L.W., 1997.** Correlation Techniques for Estimating Pesticide Volatilization Flux and Downwind Concentrations. Environmental Science & Technology. 1 février 1997. Vol. 31, n° 2, p. 523-529.



## Liste des annexes :

---

**ANNEXE 1 :** Assollement de la zone d'étude en 2015

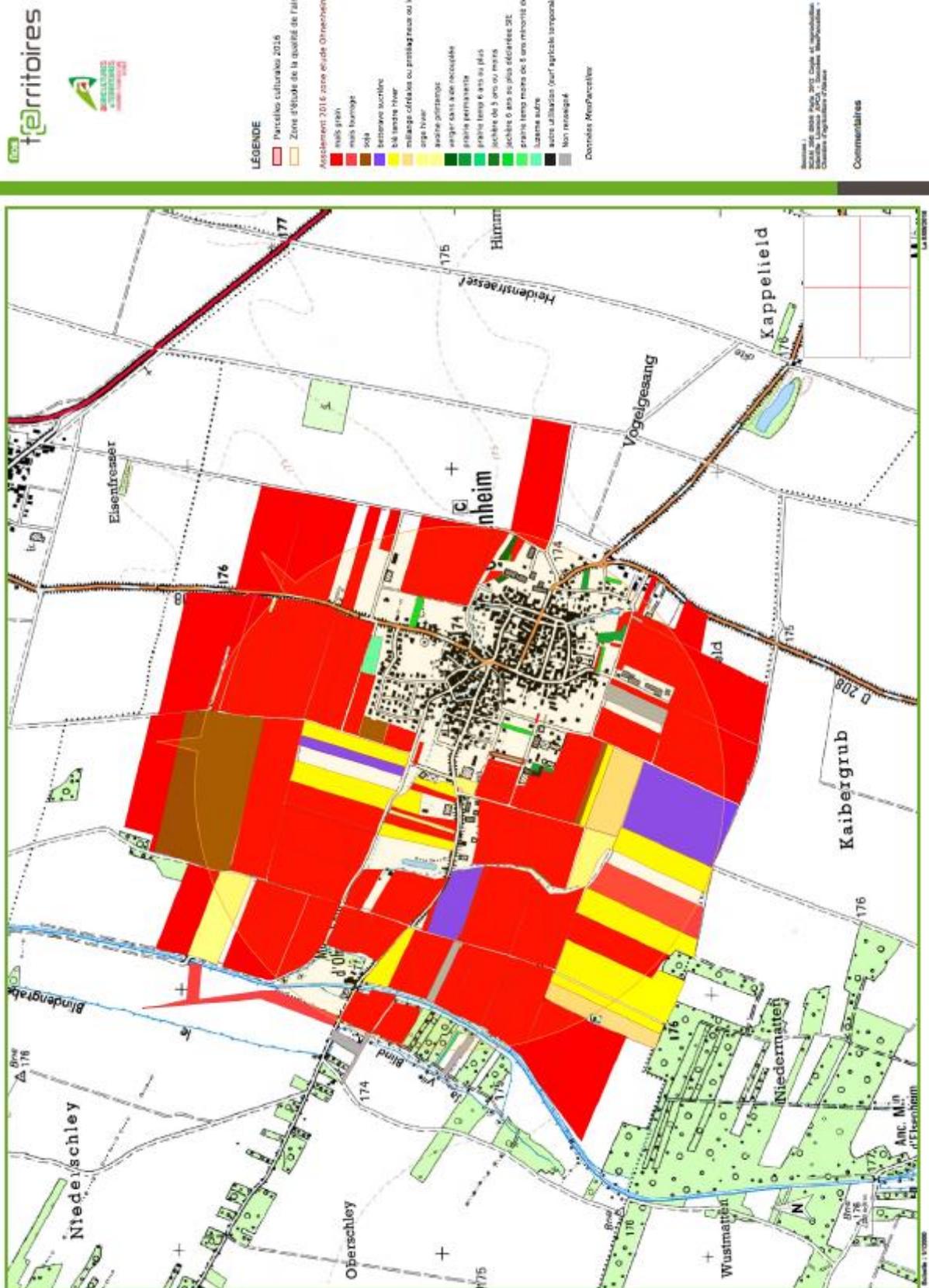
**ANNEXE 2 :** Assollement de la zone d'étude en 2016

**ANNEXE 3 :** Liste des substances actives recherchées par l'ASPA en 2016

**ANNEXE 4 :** Questionnaire d'enquête



## ANNEXE 2 : Assollement de la zone d'étude en 2016



**ANNEXE 3 : Liste des substances actives recherchées par l'ASPA en 2016**

Nom de la matière active	Utilisation
2,4-D	Herbicide
Aclonifen	Herbicide
Azoxystrobine	Fongicide
Benoxacor	Herbicide
Boscalid	Fongicide
Bromoxynil	Herbicide
Captan	Fongicide
Carbaryl	Insecticide
Chlorothalonil	Fongicide
Chlorpropham	Herbicide
Chlorpyrifos-éthyl*	Insecticide
Chlorpyrifos-méthyl	Insecticide
Chlortoluron	Herbicide
Clomazone	Herbicide
Cyazofamide	Fongicide
Cyhalothrine-lambda	Insecticide
Cymoxanil	Fongicide
Cypermethrine	Insecticide
Cyprodinil	Fongicide
Dicamba	Herbicide
Dichlobenil	Herbicide
Difénoconazole	Fongicide
Diflufénicanil	Herbicide
Diméthachlore	Herbicide
Dimethenamide	Herbicide
Dimétomorphe	Fongicide
Dimoxystrobine	Fongicide
Epoxiconazole	Fongicide
Ethofumesate	Herbicide
Fenoxycarb	Insecticide
Fenpropidine	Fongicide
Fenpropimorphe	Fongicide
Flazasulfuron	Herbicide
Fluazinam	Fongicide
Flurochloridone	Herbicide
Fluroxypyr	Herbicide
Flusilazole	Fongicide
Folpel	Fongicide

Nom de la matière active	Utilisation
HCH-gamma	Insecticide
Indoxacarb	Insecticide
Ioxynil	Herbicide
Isoproturon	Herbicide
Isoxaflutol	Herbicide
Krésoxim-méthyl	Fongicide
Lénacil	Herbicide
Mandipropamide	Fongicide
MCPA	Herbicide
MCP (Mécoprop)	Herbicide
Mesotrione	Herbicide
Métamitrone	Herbicide
Métazachlore	Herbicide
Métolachlore	Herbicide
Metrafenone	Fongicide
Myclobutanil	Fongicide
Napropamide	Herbicide
Nicosulfuron	Herbicide
Oryzalin	Herbicide
Oxadiazon	Herbicide
Oxyfluorfen	Herbicide
Penconazole	Fongicide
Pendiméthaline	Herbicide
Pirimicarb	Insecticide
Prochloraz	Fongicide
Profoxydim	Herbicide
Proquinazid	Fongicide
Propiconazole	Fongicide
Propyzamide	Herbicide
Prosulfocarb	Herbicide
Prosulfuron	Herbicide
Pyraclostrobine	Fongicide
Pyrimethanil	Fongicide
Quinoxifen	Fongicide
Quizalofop-tefuryl	Herbicide
Spiroxamine	Fongicide
Sulcotrione	Herbicide
Tebuconazole	Fongicide

Nom de la matière active	Utilisation
Tetraconazole	Fongicide
Thiram	Fongicide
Triallate	Herbicide
Trifloxystobine	Fongicide

**ANNEXE 4 : Questionnaire d'enquête**

**Diagnostic des pratiques de traitement**

**Questionnaire d'enquête**

Date d'enquête :

**Nom de la société :**

**NOM / Prénom :**

**Adresse :**

**Téléphone :**

- Céréaliier
- Polyculture élevage
- Double actif

**Semis :**

Labour ou non labour :

Date : *mes parcelles*

Variété : *mes parcelles*

Densité : *mes parcelles*

Traitement des semences :

Type de semoir :

Microgranulateur :   oui                   non

Présence de déflecteurs :

**Traitements par parcelle :**

Produit commercial : *mes parcelles*

Adjuvants : *mes parcelles*

Dose : *mes parcelles*

Date (et heure de traitement) : *mes parcelles*

Stade de la culture : *mes parcelles*

Surface traitée : *mes parcelles*

Désherbage des bordures de parcelles :

Désherbage des passages d'irrigation :

} Date, produit, dose ?

### **Descriptif du matériel de pulvérisation et conditions d'utilisation**

Marque :

Volume du pulvérisateur :

Largeur de la rampe :

Type de buses :

Pression :

Vitesse d'avancement :

Hauteur moyenne de pulvérisation :

Volume de bouillie en L/ha : *mes parcelles*

Utilisation d'un procédé de traitement de l'eau :

### **Données sol**

Texture :

pH :

Taux de MO :

### **Techniques alternatives utilisées :**

Binage, désherbinage, herse étrille, houe rotative, utilisation de trichogrammes ...

### **Questions complémentaires**

Traitement à façon ?

Equipements particuliers : Traitement dirigé ? Désherbage du rang au semis ?





VetAgro Sup

MULLER, Christophe, 2016, Test d'une méthode pour faire le lien entre les pratiques de traitements phytosanitaires et les résultats d'analyse de la qualité de l'air, 27 pages, mémoire de fin d'études, Lempdes, 2016.

**STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES:**

- ♦ Chambre d'Agriculture d'Alsace (CAA)

**ENCADRANTS :**

- ♦ Maître de stage : KLINGHAMMER, Alfred (CAA)
- ♦ Tuteurs pédagogiques : VASSAL, Nathalie  
GRACIANNE, Cécile

**OPTION :** Agronomie, productions végétales et environnement

**RESUME**

La qualité de l'air, qui peut être altérée par la présence de produits phytosanitaires, fait partie des enjeux actuels de l'agriculture. Les connaissances et les références sur ce sujet sont encore à approfondir notamment sur les processus de contamination de l'air par les produits phytosanitaires. C'est pourquoi, en lien avec le plan Ecophyto 2, les Chambres d'Agriculture, les AASQA, l'INRA et l'INERIS ont lancé le projet RePP'air qui a pour objectif d'affiner la compréhension de cette problématique.

L'objectif principal de ce stage, réalisé à la Chambre d'Agriculture d'Alsace, était de tester une méthode pour faire le lien entre pratiques de traitements phytosanitaires et qualité de l'air. Cette méthode sera utilisée au cours du projet RePP'air. La question qui se pose est : quel est le risque de transfert des produits phytosanitaires vers l'atmosphère et peut-on corréler les pratiques de traitements et les résultats d'analyse de la qualité de l'air.

Pour cela, une enquête a été réalisée pour connaître les pratiques de traitements effectués sur les parcelles dans un rayon d'un km autour du capteur d'air. Le risque de volatilisation vers l'atmosphère des matières actives utilisées a été évalué grâce à l'indicateur « I-phy air ». Les périodes de pulvérisation ont été comparées aux résultats d'analyse de la qualité de l'air afin d'expliquer l'origine des matières actives retrouvées. Les résultats montrent différents cas de figure : les molécules pulvérisées mais non retrouvées dans l'air, les molécules soumises à la dérive, les molécules sujettes à la volatilisation et les molécules transportées. L'interprétation des résultats aurait pu être améliorée en disposant des données météorologiques exactes à l'emplacement du capteur.

---

**Mots clés :** Produits phytosanitaires, air, volatilisation, dérive, I-phy air, matière active