

## **Objectivation de l'exposition des populations riveraines aux pulvérisations de produits phytopharmaceutiques en Wallonie**

**Auteur :** Bergiers, Guillaume

**Promoteur(s) :** Schiffers, Bruno; Lebeau, Frédéric

**Faculté :** Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT)

**Diplôme :** Master en bioingénieur : sciences agronomiques, à finalité spécialisée

**Année académique :** 2017-2018

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/5105>

---

### *Avertissement à l'attention des usagers :*

*Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.*

*Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.*

---

# **Objectivation de l'exposition des populations riveraines aux pulvérisations de produits phytopharmaceutiques en Wallonie**

**Guillaume Bergiers**

TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTERS  
BIOINGENIEUR EN SCIENCE AGRONOMIQUES

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

Promoteurs : Pr Bruno Schiffers & Pr Frédéric Lebeau

*© Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de l'auteur et de l'autorité académique<sup>1</sup> de Gembloux Agro-Bio Tech.*

*Le présent document n'engage que son auteur.*

---

<sup>1</sup> L'autorité académique est présentée par les promoteurs, membre du personnel enseignant de Gembloux Agro-Bio Tech (Bruno Schiffers, Frédéric Lebeau)

# **Objectivation de l'exposition des populations riveraines aux pulvérisations de produits phytopharmaceutiques en Wallonie**

**Guillaume Bergiers**

TRAVAIL DE FIN D'ETUDES PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTERS  
BIOINGENIEUR EN SCIENCE AGRONOMIQUES

ANNEE ACADEMIQUE 2017-2018

Promoteurs : Pr Bruno Schiffers & Pr Frédéric Lebeau

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes promoteurs, le Pr Bruno Schiffers et le Pr Lebeau Frédéric, pour m'avoir permis de réaliser ce TFE et qui m'ont accompagné tout au long de sa réalisation.

Je remercie également toute l'équipe du GR, pour m'avoir permis d'utiliser leur tunnel et leur matériel. Je remercie particulièrement Nicolas De Cock pour ses précieux conseils, mais aussi pour m'avoir initié au logiciel Matlab.

Je tiens ensuite à remercier l'ISSEP et le CRA-W (et son équipe), mais tout particulièrement Ingrid Ruthy et Bruno Huyghebaert pour leur collaboration enrichissante.

Je remercie Ibrachi et Karim, doctorants du Laboratoire de Phytopharmacie, pour leur précieuse aide au laboratoire.

Merci à toutes les directions des écoles, aux instituteurs et institutrices, aux agriculteurs qui ont collaboré et à tous les riverains qui ont accepté de participer à ce travail de fin d'études.

Enfin je remercie mes parents qui m'ont soutenu pendant toutes mes études.

*« Videmus nunc per speculum et in aenigmate »*



## Résumé

L'utilisation à grande échelle des pesticides dans le monde agricole est une réalité. C'est près de 5,3 kg de pesticides par hectare qui ont été vendus en 2014 en Belgique. La superficie agricole wallonne était de 731.570 ha en 2016, soit environ 45% de la surface du territoire wallon. Il en résulte une quasi omni présence des pesticides dans les milieux ruraux, et parfois beaucoup plus loin. Cette présence peut résulter en une exposition non négligeable des populations riveraines à ces produits du fait de la dérive des gouttes, ainsi que de la volatilisation et de la persistance dans l'air. C'est pourquoi les autorités wallonnes veulent trouver des solutions efficaces pour tenter de réduire l'exposition, et prendre des mesures législatives pertinentes en objectivant le risque pour les groupes vulnérables grâce à des mesures de la contamination in situ et en estimant l'exposition aux pesticides qui en découle.

La mise en place d'écrans (artificiels ou végétatifs) en bordure des parcelles traitées est réputée diminuer la quantité de pesticides dans des zones situées en dehors de celles-ci. L'effet des écrans en fonction de leurs caractéristiques (porosités, taux de capture des gouttes, réduction de la vitesse du vent, ...) peuvent aider à la prise de décision d'en placer ou non en bordure de champ. Des tests sur ces écrans ont été effectués en tunnel avec une soufflerie. Les résultats des essais en tunnel ont montré que les écrans ont un effet positif sur la réduction de la vitesse du vent et sur la quantité de gouttelettes qui les traversent, mais l'efficacité d'un écran de protection dépend de sa porosité et diminue avec la distance.

Une partie des gouttes produites lors d'une pulvérisation sont transportés par des courants d'air en dehors de la zone cible, plus ou moins loin. La dérive représente la quantité de pesticides retrouvée hors zone de travail (dans un jardin, une cour de récréation, ...) et elle est influencée par de nombreux paramètres, dont les conditions météorologiques et agronomiques (type de buses, pression,...). Pour déterminer l'effet de ces conditions sur la dérive, des essais ont été effectués avec un colorant alimentaire (tartrazine). Les résultats de ces essais ont confirmé l'efficacité des buses anti-dérives (réduction de 50% et 75%) en comparaison avec une buse à fente conventionnelle, et la forte influence des conditions atmosphériques. En revanche, ils n'ont pas démontré l'efficacité d'un écran (choisi avec 60% de porosité).

Des essais « in situ » ont été réalisés dans des écoles et chez des particuliers situés à proximité de parcelles agricoles dans le but de mesurer la diversité et les quantités de pesticides retrouvés dans des situations réelles ainsi que sur des périodes différentes (essais sur 2 heures et 24 heures). Les mesures de dérive ont été effectuées grâce à des panneaux collecteurs placés au sol et verticalement, et à l'aide d'une pompe à air. Des échantillonnages de poussières à l'intérieur et à l'extérieur des écoles, en début et en fin de saison des pulvérisations, ont été réalisés. Les résultats montrent bien la présence d'une très grande variété de pesticides ( $\pm$  100 substances détectées), mais, en général, seules de faibles quantités ont été collectées. Il apparaît également qu'une trentaine de pesticides sont quasi systématiquement détectés sur les collecteurs. Ces essais démontrent que malgré des obstacles, des substances actives peuvent pénétrer loin à l'intérieur des cours de récréation, créer des dépôts sur les jeux (et toutes les autres surfaces) extérieurs et être entraînés à l'intérieur des classes. Ils démontrent aussi que la dispersion dans l'air des substances se poursuit durant une longue période (24 h ou plus) après l'application.

## Abstract

Large scale use of pesticides is a reality. About 5.3 kg of pesticides per hectare were sold in 2014 in Belgium. Wallonia had about 731.570 ha of crop fields in 2016, which represents around 45% of its surface. This results as omnipresence of pesticides in rural area, sometimes even further. This presence results as a non-negligible exposure of the residents to those products, either from ground drift, or airborne drift due to volatilisation. This is a reason why the Walloon authorities want to find efficient solutions to reduce the exposition to pesticides, and take clever legislative decision by quantifying the risk for vulnerable groups of the populations. Measures of contamination made “in situ” are used to help estimating the expositions to pesticides.

Setting a windbreak along the edge of a field is known to reduce the quantity of pesticide areas situated outside of the treated area. The effect of a windbreak is function of a few characteristics (porosity, droplet capture level, wind's speed reduction,...) that could help to take the decision to place one or not on the edge of fields. Experiments on windbreaks were realized in a tunnel to determine those characteristics. The results of the trials realized in tunnel have shown that windbreaks have an effect on reducing wind's speed and the quantity of droplets going through, but the efficiency mainly depends on its porosity and decreases with the distance.

A part of the droplets produced during spraying are transported with the wind outside of the target area. Drift represents the quantity of pesticides found outside of the treated area (gardens, schoolyards, ...) and is influenced by numerous parameters, such as meteorological conditions and agronomical conditions (nozzles, pressure, ...). To determine the effect of those conditions on drift, experiments with a food dye (tartrazine) were realized. Those experiments have confirmed the efficiency of drift reducing nozzles (50 and 75% nozzle reduction) compared to a 0% drift reducing nozzle, as well as the strong influence meteorological conditions have. On the contrary, the efficiency of the chosen windbreak (60% porosity) tested has not been made.

Experiments « in situ » were realized in schools and houses of residents to measure the diversity and quantity of pesticides found in real conditions as well as different time line (short and long terms exposition). The measures were done with collecting panels and an air pump. Samplings of dust inside and outside of schools, at the beginning of the season of sprayings and at the end of June were realized. The results show the presence of a wide variety of pesticides (about 100 substances detected). The quantities detected were quiet low. It also appeared that around 30 pesticides were systematically detected on the collecting panels. Those trials show that despite obstacles, actives substances can penetrate far inside schoolyard, and settle down on different outside surfaces, which can be brought inside classrooms. It has also been shown that dispersion of substances in the air can last for a long time (24h hours or more) after the sprayings.



## Liste des figures :

Figure 1 : Géométrie de la buse à jet plat standard (à gauche) et de la buse antidérive (à droite) (Nuyttens, 2007)	Page 24
Figure 2: Géométrie de la buse à aspiration d'air (ou à effet Venturi) (Nuyttens, 2007)	Page 24
Figure 3: Effet de la hauteur de pulvérisation (en mètres) sur l'exposition dermale des passants (en mg) (BREAM, 2010)	Page 25
Figure 4: Effet de la vitesse du vent (en m/s ; 1 m/s = 3,6 km/h) sur l'exposition dermale (en mg) des passants (BREAM, 2010).	Page 26
Figure 5: Sédimentation de la dérive de pulvérisation (%) en fonction de la distance par rapport à la zone traitée (m) – Courbes de Ganzelmeier (Holterman & Zande 2003)	Page 26
Figure 6: Effet d'un écran sur la dérive (Schampheleire et al., 2009). Avec A = Flux d'air passant au-dessus de l'écran	Page 30
Figure 7: Densité spectrale de densité de flux (ddf) émise par un corps noir à 6000k (pointillé, courbe)	Page 33
Figure 8 : Schéma général du tunnel d'essai utilisé avec les places de passage de la rampe avec sa buse et de l'écran. En blanc, la zone d'essai et de mesure.	Page 45
Figure 9 : Schéma général du tunnel d'essai utilisé avec les places de passage de la rampe avec sa buse et de l'écran. En blanc, la zone d'essai et de mesure.	Page 46
Figure 10: Photocopie d'une couche (à gauche) et de 2 couches (à droite) de l'écran utilisé (de type « filet anti-insectes ») qui permet d'apprécier visuellement la « porosité » de l'écran selon le nombre de couches superposées	Page 47
Figure 11: Photographie du dispositif avec lequel les mesures ont été effectuées. Les flèches orange indiquent où étaient placées les sondes à hélices des anémomètres.	Page 48
Figure 12: Courbes de répartition des mesures de vitesse du vent selon les trois anémomètres	Page 49
Figure 13: Graphique des moyennes des vitesses de vent relatives en fonction du nombre de couches de filet (mesures effectuées avec l'anémomètre Testo). Les lignes verticales pointillés indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 5 fois la hauteur H de l'écran)	Page 50
Figure 14: Graphique des polynomiales (du 10 <sup>ième</sup> degré) approximant la répartition des gouttes d'encre après l'écran. Les lignes verticales pointillés indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 5 fois la hauteur H de l'écran)	Page 51
Figure 15: Somme relative cumulée des pixels noirs pour chaque modalité en fonction de la distance. Les lignes verticales pointillés indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 4 fois la hauteur H de l'écran)	Page 52
Figure 16: Carte montrant l'emplacement de la parcelle utilisée pour les essais sur la dérive de pulvérisation (Gembloux)	Page 53
Figure 17: Schéma (non mis à l'échelle) du dispositif expérimental utilisé lors des essais sur la dérive de pulvérisation, avec et sans écran (0 m = bord du champ, soit 1 m du point d'émission)	Page 54
Figure 18: Graphique représentant les moyennes du pourcentage de dérive des différentes buses, sur 50m de distance après le bord du champ (ligne horizontale en pointillé) (essais du matin, sans écran)	Page 57
Figure 19: Graphique représentant les moyennes du pourcentage de dérive des	Page 58

différentes buses sur 7,5m de distance après le bord du champ. La ligne verticale représente le bord du champ (0 m).	
Figure 20: Graphique représentant les moyennes de la dérive, selon les modalités « avec écran » et « sans écran ». (Essai du matin)	Page 61
Figure 21: Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 0%.	Page 62
Figure 22: Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 50%	Page 63
Figure 23: Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 50%.	Page 64
Figure 24 : Graphique présentant les moyennes de la dérive les pourcentages des essais a.m et p.m. sur 50m de distance après le bord du champ.	Page 65
Figure 25: Moyennes (n=6) de la dérive (en%) des essais p.m. pour les 3 différentes buses testés sur 50m de distance après le bord du champ (essais de l'après-midi, « sans écran »)	Page 65
Figure 26: Evolution des températures (°C) des essais "in situ" sur une période de +/-24 heures	Page 72
Figure 27: Evolution de l'humidité relative (%) des essais "in situ" sur une période de +/-24 heures.	Page 73
Figure 28: Graphique représentant l'occurrence des produits les plus souvent retrouvés, avec leur nom au dessus.	Page 86

## Liste des tableaux:

Tableau 1: Classification de la taille des gouttes selon le standard ASABE S572.1 (Source : TEEJET Technologies)	Page 23
Tableau 2: Sédimentation (dérive) de pulvérisation (% du volume/hectare appliqué) fonction de la distance par rapport à la zone traitée pour les grandes cultures ainsi que l'arboriculture aux stades précoce et tardif du développement foliaire (90ièmepercentile).	Page 29
Tableau 3: Substances actives les plus retrouvées lors de l'étude EXPOPESTEN	Page 37
Tableau 4: Nombre de pesticides, valeurs des concentrations moyennes et maximum de 2 localités type grande cultures	Page 38
Tableau 5: Exposition dermale et inhalatrice chez les riverains lors de la dérive de pulvérisation (moyennes et percentiles 75th provenant des données sur l'exposition potentielle dermale et inhalatrice)	Page 39
Tableau 6: Pourcentages de dérive sédimentaire en fonction de la distance au point d'émission, pour les grandes cultures et les vergers en début de saison, recommandés par l'EFSA (moyennes et percentiles 75 ou P75)	Page 41
Tableau 7: Facteurs en cas d'applications multiples, en présumant un temps de demi-vie de 30 jours des substances actives (EFSA PPR, 2010)	Page 41
Tableau 8: Caractéristiques des écrans de chaque essai	Page 47
Tableau 9: Taux de réduction moyen de la vitesse du vent induit par les différentes modalités testées sur une distance d'environ 5,5 fois la hauteur H de l'écran placé dans le tunnel.	Page 50
Tableau 10: Résultats des essais de pulvérisation d'encre noire dans le tunnel pour les modalités testées.	Page 51

<b>Tableau 11: Tableau présentant les caractéristiques de chacun des essais réalisés, avec les types de buses testées</b>	Page 55
<b>Tableau 12: Droites d'étalonnage utilisées et coefficients de détermination de chaque série de mesures.</b>	Page 56
<b>Tableau 13: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essai du matin, sans écran) (m : moyenne avec son écart-type)</b>	Page 57
<b>Tableau 14: Moyennes de dérive (en % ; n = 6) pour chacune des buses testé sur une distance de 7,5m après le bord du champ (essai du matin, sans écran).</b>	Page 58
<b>Tableau 15: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essai du matin, avec écran) (m : moyenne avec son écart-type)</b>	Page 59
<b>Tableau 16: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essais de l'après-midi, sans écran)(m : moyenne avec son écart-type)</b>	Page 59
<b>Tableau 18: Moyennes (n=18) des pourcentages de dérive pour les modalités « avec » et « sans écran », toutes buses confondues (essais du matin).</b>	Page 60
<b>Tableau 19: Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 0% sous les modalités « sans écran » et « avec écran » (essais du matin)</b>	Page 61
<b>Tableau 20: Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 50% sous les modalités « sans écran » et « avec écran » (essais du matin)</b>	Page 62
<b>Tableau 21: Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 75% sous les modalités « sans écran » et « avec écran ». (Essais du matin)</b>	Page 63
<b>Tableau 22: Moyennes des dérives (en%) engendrées par les différentes buses entre 0,5 m et 7,5m</b>	Page 64
<b>Tableau 23 : Tableau présentant la moyenne (n=18) des pourcentages de la dérive engendrés lors des essais a.m. et p.m.</b>	Page 64
<b>Tableau 24: Tableau présentant les écoles et leurs caractéristiques.</b>	Page 68
<b>Tableau 25 : Tableau présentant les caractéristiques des applications des PPP pour chaque site (école).</b>	Page 69
<b>Tableau 26: Conditions météorologiques moyennes (température (°C) et humidité relative(%)) pendant les essais, sur une période de 0h à 2h et de 2h à 24h après le début de l'essai.</b>	Page 71
<b>Tableau 27: Moyennes des flux massiques de la pompe exprimé en SLPM (standard liter per minute, unité de la pompe), le débit volumique horaire correspondant et le volume d'air aspiré sur 24h.</b>	Page 72
<b>Tableau 28: Quantités (g/m<sup>2</sup>) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Grez-Doiceau pour les substances actives pulvérisées</b>	Page 74
<b>Tableau 29: Quantités (µg/m<sup>2</sup>) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Ophain pour les substances actives pulvérisée</b>	Page 75
<b>Tableau 30: Quantités (µg/m<sup>2</sup>) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Loupigne (école du petit chemin) pour les substances actives pulvérisées</b>	Page 77
<b>Tableau 31: Quantités (µg/m<sup>2</sup>) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Loupigne (école communale) pour les substances actives pulvérisées</b>	Page 77
<b>Tableau 32: Quantités (µg/m<sup>2</sup>) retrouvés lors de l'essai dérive « in situ » de Racour pour les substances actives pulvérisées</b>	Page 78
<b>Tableau 33: Tableau présentant les contaminations à l'intérieur des écoles en début de saison.</b>	Page 79
<b>Tableau 34: Tableau présentant les produits les plus souvent retrouvés à l'intérieur</b>	Page 80
<b>Tableau 35: Tableau présentant les contaminations à l'intérieur des écoles en fin Juin.</b>	Page 80

<b>Tableau 36: Tableau présentant les produits les plus souvent retrouvés à l'intérieur</b>	Page 80
<b>Tableau 37: Tableau présentant les contaminations à l'extérieur des écoles en début de saison</b>	Page 81
<b>Tableau 38: Tableau présentant les produits les plus souvent retrouvés à l'extérieur des écoles en début de saison</b>	Page 81
<b>Tableau 39: Tableau présentant les contaminations à l'extérieur des écoles en fin juin.</b>	Page 82
<b>Tableau 40: Tableau présentant les produits les plus souvent retrouvés à l'extérieur des écoles en fin juin</b>	Page 82
<b>Tableau 41: Tableau présentant les quantités (<math>\mu\text{g}</math>) des substances uniquement présentes en fin juin, et présent dans minimum 50%.</b>	Page 83
<b>Tableau 42: Tableau comparant les valeurs de contaminations (<math>\mu\text{g}</math> de substance) des produits retrouvés à l'intérieur des écoles en début de saison et fin de saison.</b>	Page 83
<b>Tableau 43: Tableau présentant les quantités (<math>\mu\text{g}</math>) des substances uniquement présentes en fin juin, et présentes dans minimum 50% des sites.</b>	Page 84
<b>Tableau 44: Tableau comparant les valeurs de contaminations (<math>\mu\text{g}</math> de substance) des produits retrouvés à l'intérieur des écoles en début de saison et fin de saison</b>	Page 84
<b>Tableau 45: Tableau comparant les valeurs de contamination (<math>\mu\text{g}</math>) à l'intérieur et à l'extérieur, en début de saison et en fin juin</b>	Page 85
<b>Tableau 46: Le tableau montre le nombre de substances détectées pour chaque site ou l'essai à été réalisé</b>	Page 86



## Table des matières

1. Contexte de l'étude.....	17
2. Objectif du travail de fin d'études .....	20
1.1. Le phénomène de dérive lors de l'application.....	22
1.1.1. Origine du phénomène et définition .....	22
1.1.2. Types de dérive .....	22
1.1.3. Facteurs influençant la dérive .....	22
1.1.4. Quantification de la dérive.....	27
1.1.5. Mesures de réduction de la dérive de pulvérisation .....	29
1.2. Effet des écrans sur la dérive.....	30
1.3. La volatilisation des PPP et le risque d'exposition après l'application .....	31
1.3.1. Facteurs influençant le taux de volatilisation .....	32
2.1. Le danger, le risque et l'exposition : quelques définitions .....	35
2.2. Les types, les modes et les voies d'exposition chez les riverains.....	35
2.2.1. Exposition aux PPP par voie inhalatrice .....	36
2.2.2. Exposition par voie dermale aux PPP.....	38
2.2.3. Exposition aux PPP par voie orale.....	39
2.2.4. Exposition à la dérive de pulvérisation .....	39
2.2.5. Exposition par la volatilisation.....	40
2.2.6. Exposition des riverains aux dépôts de surface.....	40
2.3. Les méthodes de mesure de l'exposition .....	42
2.3.1. Mesures de l'exposition court terme (dérive).....	42
2.3.2. Mesures de l'exposition long terme .....	42
3.1. Objectifs des essais en tunnel.....	45
3.2. Matériel et méthodes.....	45
3.2.1. Le tunnel .....	45
Figure 8 : Schéma général du tunnel d'essai utilisé avec les places de passage de la rampe avec sa buse et de l'écran. En blanc, la zone d'essai et de mesure. ....	45
3.2.2. Mesure de la vitesse du vent dans le tunnel.....	45
3.2.3. Type de buse et mesure du débit de la buse .....	46
3.2.4. Utilisation de traceur utilisé dans les essais en tunnel et visualisation des gouttes .....	46
3.2.5. Mesure de porosité des écrans testés.....	46
3.2.6. Modalités d'essai en tunnel .....	47
3.3. Résultats des essais en tunnel .....	48
Deux types de résultats ont été obtenus grâce à ces essais : .....	48

3.3.1. Résultats des essais sur la vitesse du vent.....	48
3.3.2. Résultats de l'analyse des images de répartition des gouttes après l'écran .....	50
4.1. Objectif de l'essai .....	53
4.2. Matériel et méthodes.....	53
4.2.1. La parcelle .....	53
4.2.2. Le traceur utilisé .....	54
4.2.3. Les collecteurs .....	54
4.2.4. Mesures des conditions météorologiques.....	55
4.2.5. Les modalités testées .....	55
4.2.6. Analyse des dépôts de la dérive.....	55
4.3. Résultats des essais en champs sur la dérive.....	56
4.3.1. Effet des buses anti-dérive.....	56
4.3.2. Analyse de l'effet d'un écran sur la dérive.....	60
4.3.3. Analyse de l'effet des conditions atmosphériques sur la dérive (comparaison matin et après-midi).....	64
4.4. Conclusions des essais avec la tartrazine .....	66
5.1. Objectifs.....	67
5.2. Essais de mesure de la dérive dans les écoles .....	67
5.2.1. Sélection et description des conditions de l'essai.....	67
5.2.2. Conditions d'application des PPP .....	69
5.2.3. Réalisation des essais sur la dérive.....	70
5.2.4. Résultats des essais « dérive » dans les écoles .....	71
5.3. Autres mesures de la présence de pesticides dans les écoles.....	80
3.1.1. Mesures de la contamination à l'extérieur et à l'intérieur des écoles .....	80
5.3. Conclusions des essais « in situ » .....	88
Bibliographie .....	93
Annexes.....	95



# INTRODUCTION

---

## 1. Contexte de l'étude

Ce travail s'inscrit dans le projet wallon PROPULPPP coordonné par l'ISSeP (l'Institut Scientifique de Service Publique), en partenariat avec le Centre de Recherches Agronomiques Wallon (CRA-W) et le Laboratoire de Phytopharmacie de Gembloux Agro-Bio Tech (ULiege), qui a pour objectif « l'objectivation de l'exposition des populations aux pulvérisations de produits phytopharmaceutiques (ou PPP) en Wallonie et des mesures de protection destinés à limiter cette exposition ».

L'utilisation des produits phytopharmaceutiques (communément appelés « pesticides ») est une réalité indéniable dans nos campagnes, malgré l'évolution de la lutte chimique vers la lutte intégrée (rendue obligatoire aujourd'hui) et les divers « Plans d'action » mis en place au niveau fédéral ou régional pour réduire leur utilisation. Les risques liés à l'emploi de ces produits (substances actives et formulations) sont évalués avant leur mise sur le marché (Règlement (CE) 1107/2009) et une autorisation ne sera délivrée que si ces risques sont jugés « acceptables » pour la santé humaine, pour l'environnement et pour la conservation de la nature. Néanmoins, comme toutes les substances actives ont diverses propriétés biologiques et un certain niveau de toxicité et d'écotoxicité, et que les quantités appliquées à chaque saison sont loin d'être négligeables (environ 7 à 8000 tonnes en Belgique), on ne peut nier que les pesticides aient un impact sur la santé des opérateurs ou des consommateurs, mais aussi sur l'environnement (ex : contamination des eaux de surface ou souterraines). Ils sont donc légitimement au centre des préoccupations des citoyens, et spécialement des riverains qui habitent à proximité des zones où ces produits sont utilisés, comme l'actualité l'a d'ailleurs largement souligné ces derniers temps. Certains faits d'intoxication ont été rapportés par des agences gouvernementales. Un des derniers cas, qui a été rapporté par l'AFSCA, date de début novembre 2017. Ce dernier s'est passé dans une école à Philippeville. La pulvérisation avait été réalisée par un entrepreneur de travaux agricoles qui n'a pris aucune mesure pour éviter la dérive, et qui n'avait pas tenu compte de la proximité de l'école, réalisant sa pulvérisation en pleine journée scolaire. Des faits similaires ont aussi été signalés en France.

Les phénomènes de dérive durant la pulvérisation ou les phénomènes de volatilisation à partir du sol ou de la végétation peuvent être une source d'exposition non négligeable aux pesticides pour les personnes résidant dans le voisinage des cultures traitées. Selon les conditions d'application et la météo, jusqu'à 90% de la dose appliquée peut se retrouver dans l'air, et ce uniquement par volatilisation (Bedos *et al.*, 2002). Dans l'air, les pesticides peuvent être transportés à plus ou moins longue distance sous divers états (gazeux, liquides ou solides). Les aérosols et les pesticides associés aux particules (« poussières ») peuvent se déposer dans un voisinage proche, à la surface du sol ou sur des objets (les surfaces et objets dans les habitations et lieux de vie peuvent aussi être contaminés par un usage privé de pesticides « domestiques » ou de biocides qui contiennent les mêmes substances actives), ou être entraînés à beaucoup plus grande distance. Le dépôt ne se fait donc pas toujours immédiatement dans les minutes qui suivent l'application et/ou à courte distance du point d'émission.

Ces dernières années, un certain nombre de modèles comme le « German Model », le « UK POEM », « BREAM » et finalement celui de l'EFSA, ont été développés pour appréhender les risques pour les « riverains » rendue obligatoire dans le cadre de l'approbation des PPP. Dans ces modèles, les expositions retenues pour les personnes qui vivent, travaillent ou vont à l'école à proximité d'une zone traitée sont les suivantes :

- l'exposition par inhalation et par voie cutanée dues à la dérive de pulvérisation au moment de l'application du produit ;
- l'exposition liée aux dépôts des gouttelettes de dérive de pulvérisation ;
- l'exposition liée aux pesticides présents dans l'air (vapeurs, aérosols, particules) après l'épandage, dans les heures et les jours qui suivent ;
- la contamination orale par transfert main-bouche ou objet-bouche pour les enfants ; les expositions par entrée dans les cultures traitées.

La législation européenne impose, quant à elle, la protection des « groupes vulnérables ». Elle entend par là « les travailleurs et habitants fortement exposés aux pesticides sur le long terme ». Lors de la transposition de la Directive 2009/128/CE du Parlement et du Conseil européens du 21 octobre 2009, aucune mesure n'a été prévue pour protéger la population des dérives de pulvérisation. Seuls les lieux publics et les « publics sensibles » ont été pris en compte, partiellement seulement pour ces derniers, puisqu'aucune mesure n'est prise au-delà de la limite foncière des parcelles fréquentées par ce public dit sensible. Actuellement, la législation wallonne impose aux cultivateurs le respect de bandes tampons pour la protection des eaux (la règle générale impose 6 m de zone non traitée), mais aucun texte ne prévoyait (jusqu'en juin 2018) une distance à respecter entre les lieux de vie de la population et la limite d'épandage de pesticides sur un champ, du moins au-delà de la limite foncière des parcelles fréquentées.

Dans le contexte de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, même si les effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine sont théoriquement pris en compte lors de l'agrément des produits en fonction de l'exposition (qui sert de base au calcul du risque), un certain nombre d'« accidents » sont rapportés par la presse et signalés dans diverses études qui semblent indiquer que l'exposition des populations riveraines de parcelles agricoles a été probablement sous-estimée, ou que les modèles employés pour obtenir des valeurs prédictives de l'exposition ne sont pas suffisamment valables pour appréhender le risque réel.

Il est donc indispensable d'agir, à la fois pour déterminer l'exposition réelle et pour protéger les populations qui vivent ou travaillent en bordure de parcelles agricoles. La déclaration de politique régionale du 25 juillet 2017 stipule d'ailleurs : « La Wallonie s'engagera résolument dans une politique forte de prévention santé-environnement, afin de limiter au maximum les risques pour la santé humaine due aux actions portées à l'environnement ».

En l'absence de données scientifiques précises sur l'exposition des populations riveraines, et donc l'effet sur la santé et l'environnement des produits phytopharmaceutiques, le principe de précaution oblige à mettre en place des mesures pour parvenir à une application compatible avec le développement durable en réduisant les risques et les effets des pesticides sur la santé humaine et sur l'environnement. Le Plan Wallon de Réduction des Pesticides (PWRP) prévoit d'ailleurs en son point 2.7.1. de « réduire l'impact du traitement d'une parcelle sur les surfaces non-cibles, en ce

compris les habitations privées ». Ces mesures sont proposées en modification de l'arrêté du Gouvernement wallon du 11 juillet 2013 relatif à une application des pesticides compatible avec le développement durable.

Les mesures reprises dans le projet d'arrêté sont destinées à assurer une protection minimale, pour tous les publics qui vivent et travaillent en bordure de parcelles agricoles. Les mesures pourront être revues en fonction des conclusions des études portant sur le sujet.

Ces mesures se basent à la fois sur les bonnes pratiques agricoles, les usages en vigueur dans les régions et pays voisins et le principe de précaution. Elles sont les suivantes :

- obligation d'utiliser, sur tout le territoire wallon, des buses qui réduisent la dérive de minimum 50% ;
- interdiction de pulvériser lorsque la vitesse du vent est supérieure à 15 km/h ;
- interdiction de pulvériser à moins de 6 mètres des bords de toute parcelle qui jouxte un lieu d'habitation ou de travail ;
- interdiction de pulvériser entre 8h et 16h sur les parcelles de cultures et/ou de prairies situées à moins de 50 mètres d'un lieu d'habitation ou fréquenté par le public.

Néanmoins, nonobstant l'adoption de ces mesures décrétales, la Région Wallonne a souhaité disposer de mesures permettant d'objectiver le risque « riverains » en vue de décider ultérieurement des meilleures mesures de protection destinées à limiter l'exposition de ces derniers. C'est l'objet du Projet PROPULPPP (ISSeP, CRA-W et ULiège) qui couvrira toute l'année 2018. Son programme de travail comprend quatre volets expérimentaux :

- ▶ Le premier consiste en un plan d'expérience général pour mesurer, quantitativement et qualitativement, les pesticides dans l'air (dérive et volatilisation, vapeur et particules) en bordure de champs cultivés et traités selon la législation wallonne. Ses objectifs spécifiques sont l'évaluation de l'exposition aux pesticides des populations riveraines des champs cultivés dans les 24h/48h après l'épandage, l'évaluation de l'influence réelle de la présence d'une barrière physique et l'évaluation de la manière dont l'exposition varie en fonction de l'éloignement à la source.
- ▶ Le second volet a pour objet d'évaluer l'influence réelle de certains paramètres agronomiques sur l'exposition via l'analyse quantitative de la dérive par le recours à des traceurs.
- ▶ Le troisième volet porte sur la mesure de l'exposition à de plus longues distances des zones d'épandage. Son objectif est d'estimer les distances maximales auxquelles les pesticides sont toujours susceptibles d'être détectés dans l'air dans les 24h (ou plus) suivant leur application.
- ▶ Le quatrième volet concerne l'évaluation des expositions dans des situations « à risque ». L'exposition environnementale par contact et par inhalation sera évaluée sur base de données de mesure sur des collecteurs, dans l'air extérieur (et à l'intérieur des écoles), chez des riverains et dans des lieux de vie des enfants (école et/ou crèche).

C'est dans le cadre de cette étude que ce TFE a été réalisé, au Laboratoire de Phytopharmacie de Gembloux Agro-Bio Tech. Le Laboratoire de Phytopharmacie possède une expertise dans le domaine de l'évaluation et la gestion des risques liés à l'emploi des pesticides et des biocides (risques pour l'opérateur, risques pour le consommateur, risques pour l'environnement). Le projet scientifique du Laboratoire est articulé sur deux axes. D'une part, évaluer les risques liés aux pesticides et biocides,

en développant des approches méthodologiques et des indicateurs de risques. D'autre part, réduire les risques, en contribuant au développement de produits phytosanitaires moins agressifs pour l'opérateur ou l'environnement et de méthodes de protection compatibles avec une utilisation durable des pesticides.

## **2. Objectif du travail de fin d'études**

Dans le cadre du projet wallon PROPULPPP, le Laboratoire de Phytopharmacie est chargé des missions suivantes :

- ▶ Appui scientifique pour la sélection des molécules analysées dans l'air ambiant et dans les matrices biologiques (Volets 1 à 4)
- ▶ Appui scientifique et technique pour la préparation et la réalisation de la campagne de mesures des pesticides en bordure de champs et émis à plus longue distance (Volet 3)
- ▶ Appui scientifique et technique pour l'analyse approfondie de la dérive d'un point de vue quantitatif (Volet 2)
- ▶ Analyse des dépôts (Volet 4) dans les sites « à risque » et interprétation des résultats (Volets 1 à 4)

Le présent travail répondait à 3 objectifs principaux :

1. Etudier et quantifier l'effet que peut avoir un écran en termes de capture des gouttes lors d'une pulvérisation. Cet écran est aussi utilisé dans le cadre d'autres expériences sur le terrain.
2. Quantifier, à l'aide d'un traceur, la dérive sous différentes modalités d'application, afin de voir l'effet de chacune d'elles. Il s'agit de déterminer non seulement l'effet de dispositifs de réduction de la dérive de 0%, 50%, 75%, mais aussi de mesurer l'effet de la mise en place d'un écran sur la réduction de dérive.
3. Mesurer « in situ » les dépôts de pesticides : (a) sur des collecteurs, sur un court terme (2h) et sur un long terme (24h) ; (b) dans les poussières intérieures et sur les jeux extérieurs ; (c) sur des collecteurs passifs. Il s'agit de mesurer les niveaux de contamination dans diverses situations, la distance à laquelle les pesticides se déposent (dérive dans les aires de jeux), mais aussi, en procédant par une analyse multi-résidus (screening), de voir la diversité des produits retrouvés et la fréquence à laquelle on les retrouve dans l'environnement.

# **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

# Chapitre 1. Dérive et comportement des pesticides dans l'air

---

## 1.1. Le phénomène de dérive lors de l'application

### 1.1.1. Origine du phénomène et définition

Lors d'une pulvérisation, la bouillie se retrouve divisée en différentes fractions. Ces fractions se retrouvent sur le sol et les plantes du champ pulvérisé, sur le sol aux alentours du champ (il s'agit de la dérive sédimentaire), dans l'air et une fraction est manquante. La somme de ces fractions représente l'entièreté de la bouillie pulvérisée.

La répartition en ces différentes fractions varie en fonctions de plusieurs paramètres. Premièrement les conditions météorologiques (température, humidité relative, vitesse du vent). Deuxièmement le type de pulvérisateur utilisé. Troisièmement, selon différents paramètres de pulvérisation (vitesse, pression, type de buse, produit pulvérisé, ...).

Cependant, dans certains cas, la fraction manquante peut avoir une importance non négligeable. Celle-ci peut représenter près de 30% du total de la bouillie. Cette fraction semble être une partie de la dérive aérienne formée de très petites gouttes. Les plus petites gouttes sont plus difficilement récupérables par les instruments de mesure. De plus, un phénomène de volatilisation pendant la pulvérisation favorise ces pertes.

Selon l'EFSA, la dérive est définie comme le dépôt par unité de surface d'une substance dans une zone qui n'est pas destinée à la recevoir (*non target area*). Cette quantité est amenée en dehors de la zone traitée par des courants d'air au moment de l'application. La dérive est exprimée en pourcentage de la masse totale pulvérisée par unité de surface traitée (EFSA, 2014).

### 1.1.2. Types de dérive

Il existe différents types de dérive ; la dérive sédimentaire et la dérive éolienne. Lors d'une pulvérisation, la bouillie se retrouve dans différents « compartiments ». En dehors de la zone cible, on en retrouve sur le sol, dans les eaux de surfaces et dans l'air. Les pertes de PPP après application par érosion ou volatilisation est appelé « dérive indirecte » (Epple et al. 2002).

En fonction de leurs propriétés physico-chimiques, certains PPP sont retenus (adsorbés) par des particules de sol (constituants minéraux et organiques), ce qui influence la volatilisation ou la remise en suspension de ces derniers, dans l'air par le vent. Les poudres mouillables présentes à la surface du sol, ou les particules de sol sur lesquels des PPP sont adsorbés, peuvent subir l'érosion éolienne. La quantité de bouillie concernée par ce type d'érosion est incertaine. Selon certains auteurs, moins d'un pourcent à près de 6,7% de la bouillie serait concerné (Lichiheb, 2014).

### 1.1.3. Facteurs influençant la dérive

De nombreux facteurs influencent l'importance de la dérive. Certains facteurs sont mécaniques (ex : pression de travail ou le type de buse utilisé), d'autres dépendent de la pratique de l'agriculteur (ex : la hauteur de la rampe, la vitesse d'avancement, le volume de bouillie par hectare), mais les plus importants sont certainement ceux liés aux conditions atmosphériques comme : la vitesse et la direction du vent pendant l'application ou la température et l'humidité relative de l'air.

► Influence de la taille des gouttes sur la dérive

La taille des gouttes a un rôle au niveau de la couverture de la culture, et donc de l'efficacité du PPP appliqué. Lors d'une pulvérisation des gouttes de tailles différentes sont formés. La taille des gouttes dépend du type de buse, de la taille de la buse, des propriétés de la bouillie et la pression de travail.

Pour caractériser la taille des gouttes le *diamètre volumétrique médian* (VMD) est un paramètre souvent utilisé. Il s'agit d'une valeur définissant un diamètre médian de gouttes. Sur base de ce paramètre le « *British Crop Protection Council* » a fixé cinq catégories de jets de pulvérisation. Cependant différentes classifications des tailles des gouttes existent. Un standard de classification de la tailles des gouttes (ASABE S572.1), accompagnée d'un code couleur qui a été défini par « *The American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)* », est communément utilisé dans le monde agricole.

La société « *TEEJET Technologies* » utilise cette classification pour ses produits. Le tableau 1 reprend les classes des tailles de gouttes, leur code couleur ainsi que le diamètre moyen défini par ASABE S572.1.

**Tableau 1: Classification de la taille des gouttes selon le standard ASABE S572.1 (Source : TEEJET Technologies)**

Catégorie	Symbole	Code couleur	VMD ( $\mu\text{m}$ )
Extrêmement fin		Mauve	<60
Très fin	VF	Rouge	61-105
Fin	F	Orange	106-235
Moyen	M	Jaune	236-340
Gros	C	Bleu	341-403
Très gros	VC	Vert	404-502
Extrêmement gros	XC	Blanc	503-665
Ultra gros		Noir	>665

Les plus grosses gouttes (>150 $\mu\text{m}$ ) subissent principalement l'influence de la force gravitationnelle et par conséquent tombent selon les lois classiques de la balistique. Les plus petites gouttes (< 100  $\mu\text{m}$ ) restent plus facilement dans l'air ambiant et subissent l'effet des conditions météorologiques. Les distances auxquelles ces petites gouttes peuvent être transportés peuvent être importantes, allant de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres (Ndao, 2008).

La pression de pulvérisation est un paramètre important. Bien souvent, lorsque celle-ci augmente, la taille des gouttes diminue mais la vitesse des gouttes à la sortie de la buse augmente également. En général l'augmentation de la vitesse initiale des gouttes résulte en une diminution de la dérive. Comme expliqué dans le paragraphe précédent, des petites gouttes tendent à augmenter la dérive.

Miller et Smith (1997) cité par Nuyttens et *al.* (2009) ont néanmoins montré que l'augmentation de la pression de travail ne correspond pas automatiquement à une augmentation de la dérive. Ces auteurs disent qu'avec certaines géométries de buse, la dérive pourrait diminuer malgré une haute pression. Cet effet est obtenu grâce à la vitesse des gouttes. Cependant dans l'article de Nuyttens et *al.* (2009), les auteurs affirment que l'effet de la taille des gouttes domine l'effet que peut avoir la vitesse d'éjection des gouttes en termes de réduction de dérive. De plus, ils ont observé que dans une gamme de travail allant de 2 à 4 bars de pression, l'effet sur les gouttes de plus de 200  $\mu\text{m}$  était très limité (Nuyttens et *al.*, 2009).

► Influence du type de buse sur la dérive

Il existe deux grands types de buses de pulvérisations : les buses à jets plats et les buses à jets coniques (peu pertinents chez nous en grandes cultures ; nous ne parlerons donc ici que des buses à jets plats).

Les buses à jets plats permettent une bonne distribution des gouttes lors de la pulvérisation. Ces buses produisent un jet d'eau plat, en forme d'éventail plus ou moins étendu selon l'angle d'ouverture. Il existe au sein de ce type de buses d'autres sous-catégories de buses : les buses standards à jets plats, les buses anti-dérive ou à pré-orifice et les buses à inclusion d'air.

Pour une même pression et une même taille de buse, les buses standards produisent les plus petites gouttelettes comparées aux autres buses à jets plats. La pulvérisation de petites gouttes permet une répartition homogène et un recouvrement optimal de la surface ciblée.

Par contre, les buses anti-dérive produisent plus de grosses gouttes pour une même pression, sans réduction du débit, par la création d'un jet plus épais. Cet effet est dû à la présence d'une cavité au-dessus de la zone de décharge habituelle (Figure 1). Cette cavité a pour fonction de réduire la pression du liquide ainsi que sa vitesse dans la chambre de compression.

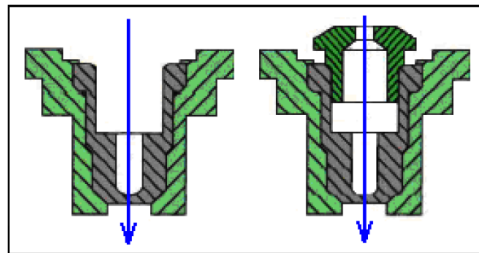


Figure 1 : Géométrie de la buse à jet plat standard (à gauche) et de la buse antidérive (à droite) (Nuyttens, 2007)

Les buses à aspiration d'air (ou à effet Venturi) produisent des grosses gouttes. L'effet Venturi est induit par deux orifices qui se trouvent sur le côté de la buse. L'air est mélangé au liquide dans la chambre de la buse. Ce qui sort de la buse est un mélange d'air et de liquide. Le jet produit devient vite instable et se désagrège en gouttes. Pour ce type de buses, une pression plus élevée doit être appliquée pour avoir la même quantité d'eau pulvérisée que les autres types de buses. La dérive est réduite grâce à l'effet de la vitesse des gouttes(Nuyttens, 2007).

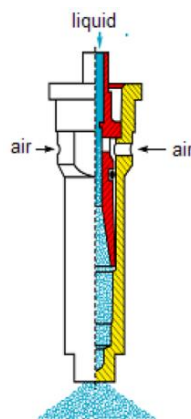


Figure 2: Géométrie de la buse à aspiration d'air (ou à effet Venturi)(Nuyttens, 2007)

► Influence de la hauteur de pulvérisation sur la dérive

Lorsque la hauteur de la rampe augmente, le temps de chute des gouttes augmente également, ce qui fait qu'elles peuvent subir davantage l'effet des conditions météorologiques. L'humidité relative a une importance toute particulière, car si ce paramètre est faible, le diamètre de la goutte est plus enclin à se voir diminuer, la rendant sensible à la dérive (transport horizontal).

La loi de Stokes ci-dessous, décrit le comportement d'une goutte lâchée sans vitesse initiale (Ndao, 2008). La vitesse de chute est fortement corrélée avec le diamètre de la goutte. Une goutte de 250  $\mu\text{m}$  a une vitesse de chute de  $1\text{m s}^{-1}$ . Une goutte de 100  $\mu\text{m}$  a une vitesse de chute de  $0.25\text{ m s}^{-1}$ , et une goutte de 10  $\mu\text{m}$ , quant à elle, possède une vitesse de chute de  $0,003\text{ m.s}^{-1}$  (Nuyttens, 2007).

$$v = \frac{g d^2 \rho_d}{18\eta}$$

v : vitesse constante à l'équilibre (m/s)

d : diamètre de la gouttelette (m)

g : accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ )

$\rho_d$  : masse volumique de la gouttelette ( $\text{kg/m}^3$ )

$\eta$  : viscosité de l'air ( $\text{Ns/m}^2$ ).

Sur la figure 3, on peut voir l'exposition dermale de passants adultes situés à 2m de la source de pulvérisation pour différentes hauteurs de pulvérisations. On remarque que l'exposition augmente rapidement avec la hauteur de pulvérisation (BREAM, 2010).

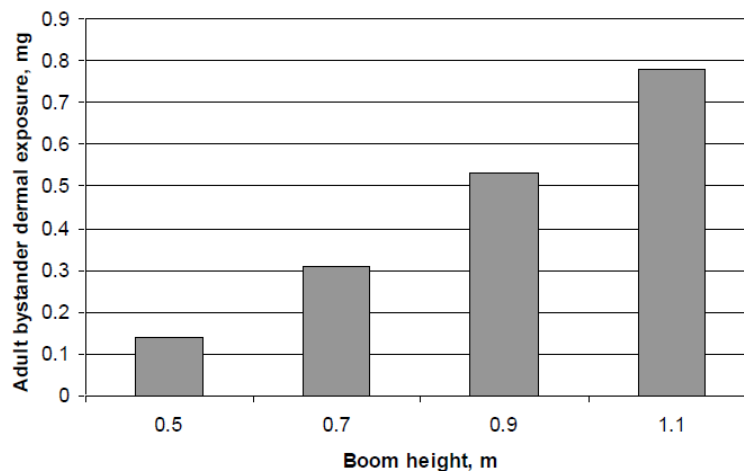


Figure 3: Effet de la hauteur de pulvérisation (en mètres) sur l'exposition dermale des passants (en mg) (BREAM, 2010)

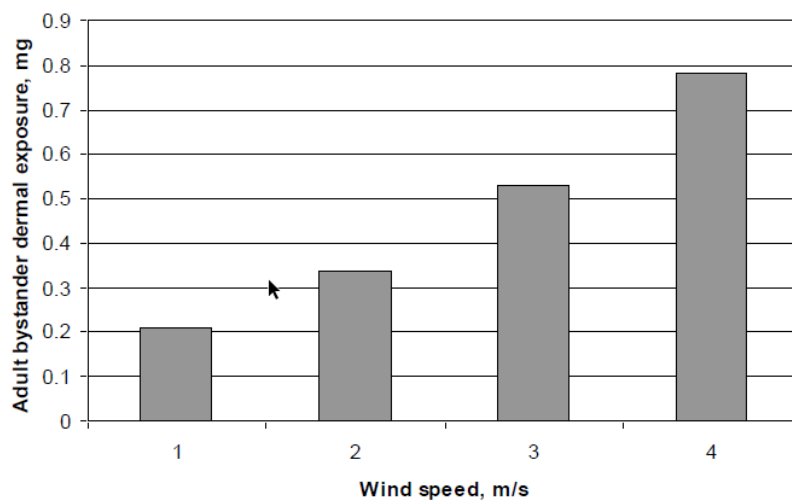
► Influence de la formulation du PPP sur la dérive

Les propriétés physico-chimiques de la bouillie ont tout naturellement une influence sur la dérive. Des paramètres comme le taux d'évaporation, la viscosité, la tension de surface et la densité déterminent la persistance, la mobilité et la biodisponibilité de la bouillie (Schiffers et al., 1991 & 1992). Les propriétés physico-chimiques ont donc une influence sur la taille des gouttes. Une faible tension de surface réduit la taille des gouttes ce qui permet plus facilement leur dispersion et leur volatilisation dans l'air. La présence d'un solvant volatil dans la formulation accentue cet effet.

Une viscosité accrue de la bouillie mène à la formation de plus grosses gouttes, ce qui réduit le risque de dérive (De Schamphelre et *al.*, 2009 (b)). La pression de vapeur est une mesure de la tendance qu'a un matériel (liquide ou solide) à se vaporiser, plus ce paramètre est élevé plus grande sera cette tendance. Il est préférable d'utiliser une substance active peu volatile si l'application de fines gouttes doit être effectuée, ceci dans le but d'éviter de diminuer la diminution du diamètre des gouttes. La formation d'aérosols est à éviter au maximum car cela présente un plus grand risque de subir la dérive (Ndao, 2008). Les substances actives sont souvent caractérisées par leur constante de Henry. Cette constante traduit la tendance qu'a une substance à se volatiliser dans l'air depuis une solution aqueuse. Elle est parfois mesurée, mais bien souvent elle est calculée comme étant le ratio de la pression de vapeur (en Pascals) fois la masse moléculaire divisés par la solubilité (mg/L). (*The Pesticide Manual*, 2003)

► Influence du vent sur la dérive

Le vent agit sur la trajectoire et la direction que peuvent prendre les gouttes. Les gouttes de faible diamètre sont fortement enclines à subir les mouvements de l'air. Une vitesse de vent importante (supérieur à 5 m/s ou environ 18 km/h) augmente davantage la dérive. Il est d'ailleurs conseillé d'arrêter tout traitement au-delà de cette vitesse (Ndao, 2008). Le SPF recommande d'ailleurs de ne pas pulvériser quand le vent dépasse 15 km/h. La figure 4 montre l'exposition dermale de passants adultes situés à 2m de la source de pulvérisation pour des vitesses de vent croissantes. L'exposition augmente avec la vitesse du vent (BREAM, 2010).



**Figure 4:** Effet de la vitesse du vent (en m/s ; 1 m/s = 3,6 km/h) sur l'exposition dermale (en mg) des passants (BREAM, 2010).

► Influence de l'humidité relative et de la température de l'air sur la dérive

Ces deux paramètres jouent un rôle primordial dans l'évaporation des gouttes. Une goutte ne peut atteindre sa cible que lorsque son temps de chute est inférieur à sa durée de vie. Cette durée de vie augmente avec le diamètre de la goutte et l'humidité relative. Mais se voit diminuer avec l'augmentation de la température de l'air ambiant. Matthews (1992) a décrit ce comportement avec la formule suivante (Ndao, 2008) :

$$t = \frac{d^2}{80 \cdot \Delta T}$$

$d$  : diamètre moyen la gouttelette en ( $\mu\text{m}$ )

$\Delta T$  : la différence de température en  $^{\circ}\text{C}$  entre les thermomètres sec et humide.

Heer et *al.* (1985) cité par Jensen(2016), dans une étude réalisée en verger de pommes, ont observé pour trois pulvérisations réalisées matin, midi et soir, que plus l'humidité relative (HR) de l'air était élevée, moins la fraction manquante de la bouillie était importante. Ainsi, lors du traitement en matinée, quand l'HR était de 75-80% et la température de l'air était de  $16^{\circ}\text{C}$ , avec une vitesse du vent de 0,5-1,5 m/s, la fraction manquante valait 9% du total appliqué. Lors de la pulvérisation de midi, quand l'HR était de environ 40%, la température de l'air de  $25^{\circ}\text{C}$ , et avec une vitesse du vent de 1 à 2,5 m/s, la fraction manquante représentait alors environ 30% du total appliqué. Enfin, lors de la pulvérisation du soir, quand l'HR était de 54 à 62%, la température de l'air de  $23^{\circ}\text{C}$ , et avec une vitesse de vent de 2 à 3,5 m/s, la fraction manquante n'était que de 20%(Jensen, 2016). La dérive aérienne mesurable quant à elle, a diminué près de moitié entre la pulvérisation du matin et celle du midi.

On observe donc l'influence notoire que peut avoir l'HR sur la répartition de la bouillie dans les différentes « fractions ».

#### 1.1.4. Quantification de la dérive

Afin de quantifier les différentes formes de dérive, des méthodes analytiques ont été mises en place. La norme ISO 22866 établit des principes pour la mesure de la dérive de pulvérisation. Elle donne ainsi des spécifications sur les composantes qui entrent en compte pour effectuer ce type de mesures.

Une des méthodes est la mesure par traceur coloré, ou toute autre substance adéquate. La bouillie pulvérisée doit présenter des propriétés physiques suffisamment similaires à un liquide habituellement utilisé lors d'application de PPP. La norme ISO 2286 préconise une pulvérisation en avançant le long de repères, afin que l'avancement se face de manière à se trouver à un angle de  $90^{\circ}$  par rapport à la direction du vent. La zone d'échantillonnage doit se trouver sous le vent.

Le principe consiste à pulvériser un traceur coloré de concentration connue. Des capteurs inertes, placés préalablement, collectent alors le colorant pulvérisé. Les capteurs sont par la suite placés dans un solvant qui récupère par diffusion le colorant. La quantification est effectuée avec un spectrophotomètre. Il s'agit d'une méthode facile à mettre en œuvre. Divers traceurs sont utilisés dans la littérature. Certains auteurs comme Gil et *al.* (2015) utilisent le colorant alimentaire E102 (Tartrazine)(Gil et *al.* 2015).

Pour quantifier la concentration de PPP dans l'air, l'analyse de cartouches absorbantes placées dans une pompe peut aussi être effectuée. De ces cartouches sont extraits les PPP, pour être ensuite analysé par une chromatographie en phase gazeuse, ou/et par spectrométrie de masse.

#### ► Mesure de la dérive sur le terrain (selon la norme ISO 2286)

Afin de mesurer la dérive sur le terrain des collecteurs horizontaux passifs sont placés sur des lignes perpendiculaires au sens de la pulvérisation et dans le sens des vents dominants. Les surfaces collectrices doivent présenter une rétention, une récupération suffisamment bonne du traceur (papier filtre, papier utilisés en chromatographie,...) et être placées sur un support adéquat(Norme

ISO 22866, 2005). Ces collecteurs, d'une surface minimale de 1000 cm<sup>2</sup>, sont placés au sol à des distances de 5m ; 10m ; 15m ; 25 m ; 35 m et 50m (Zande *et al.*, 2018). La norme ISO indique qu'il faut effectuer les mesures à des distances minimales de 5m et de 10m, et que les mesures faites à des distances plus lointaines soient des multiples entiers de 5m. Un minimum de deux collecteurs doit être placé à chaque distance. D'autres capteurs peuvent aussi être placés, comme le fait Van De Zande *et al.*, (2018) qui eux placent aussi des collecteurs actifs à différentes hauteurs (jusqu'à 6 m de hauteur).

Les mesures doivent être effectuées dans des conditions météorologiques propices. La vitesse du vent doit être d'au moins 1 m/s. L'indication d'une vitesse minimale pour le vent a son importance car le vent influence l'efficacité de collecte de la dérive. Le vent doit être situé dans une direction moyenne de 90 ± 30° par rapport au chemin emprunté par le pulvérisateur. La température lors des essais doit être comprise entre 5 et 35°C.

#### ► Valeurs de la dérive

Beaucoup d'essais ont été effectués afin de quantifier la dérive en fonction de la distance de la source. Epple *et al.* (2002) ont montré que le dépôt de PPP résultant de la dérive directe décroît rapidement avec la distance qui augmente. Moins d'1% (par unité de surface) de la dose initiale est retrouvée à une distance de seulement 3 mètres. Les valeurs à des distances plus élevées fluctuent de manière importante en raison des topographies et des conditions météorologiques.

Les courbes de sédimentation de Ganzelmeier (cité par Holterman & Zande, 2003)) ont été établies pour différents types de culture sur base d'expérimentations de terrain. A titre d'exemple, la figure 5 reprend les courbes de sédimentation de la dérive en fonction de la distance pour différentes cultures.

Les courbes de Ganzelmeier sont établies sur un grand nombre d'essais de terrain réalisés dans des conditions météorologiques très contrastées. Les courbes retenues dans le cadre de l'établissement des zones tampons correspondent au 90<sup>ème</sup> percentile des valeurs d'exposition.

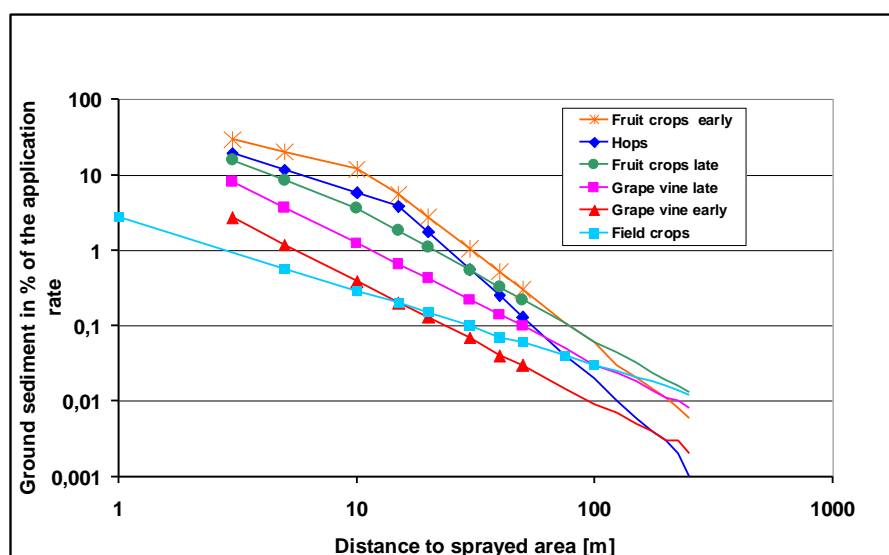


Figure 5 : Sédimentation de la dérive de pulvérisation (%) en fonction de la distance par rapport à la zone traitée (m) – Courbes de Ganzelmeier (Holterman & Zande 2003)

La dérive sédimentaire est exprimée en pourcent du volume pulvérisé (L/ha). La distance est calculée par rapport à la zone traitée (= dernière buse/dernière ligne de culture). On observe que la dérive est inversement corrélée avec la distance.

Le tableau 1 reprend les pourcentages de dérive en fonction de la distance par rapport à la zone traitée pour les grandes cultures et l'arboriculture qui sont utilisés pour l'autorisation des PPP en Belgique (Candolfi et al., 2000).

**Tableau 1: Sédimentation (dérive) de pulvérisation (% du volume/hectare appliqué) fonction de la distance par rapport à la zone traitée pour les grandes cultures ainsi que l'arboriculture aux stades précoce et tardif du développement foliaire (90<sup>ième</sup> percentile).**

Distance par rapport à la zone traitée (m)	Sédimentation de pulvérisation en % du volume/hectare (90 <sup>ième</sup> percentile) pour une application de PPP		
	Grandes cultures	Arboriculture	
		Stade précoce	Stade tardif
1	2,77	-	-
3	-	29,20	15,73
5	0,57	19,89	8,41
10	0,29	11,81	3,60
15	0,20	5,55	1,81
20	0,15	2,77	1,09
30	0,10	1,04	0,54
40	0,07	0,52	0,32
50	0,06	0,30	0,22

### 1.1.5. Mesures de réduction de la dérive de pulvérisation

Il existe des mesures de réduction de la dérive pour la protection des organismes aquatiques, des arthropodes/insectes non ciblés et des plantes non-ciblées qui sont imposés aux agriculteurs et aux autres travailleurs agricoles. Les mesures de réduction de dérive s'inscrivent légalement dans un contexte de protection des eaux de surfaces. Les mesures imposées sont l'utilisation de buses antidérive et l'installation de bandes tampons.

Ces deux mesures sont intimement liées car l'utilisation de buses anti-dérive permet de réduire la taille de la bande tampon. La taille de cette dernière est fonction du produit pulvérisé (mention indiqué sur l'étiquette du produit) et du système réduction de la dérive. Une bande tampon de 6 mètre minimum doit être présente en bord de cours d'eau et celle-ci ne peut qu'augmenter selon le scénario dans lequel on se trouve. Des tables de conversion sont disponibles sur le site web officiel (Phytoweb) du Service Public Fédéral (FPF) santé publique, Sécurité de la Chaîne Alimentaire et Environnement.

Dans certains cas comme la proximité d'un plan d'eau, l'installation d'écrans ou de haies autour des vergers et en culture de houblon permettent de réduire largeur de la bande tampon. Les haies doivent rencontrer certains critères pour être acceptés (type de haie, densité du feuillage, ...).

Pour la réduction de la dérive des bonnes pratiques agricoles doivent être respectées. Celles-ci sont : la réalisation de la pulvérisation par temps calme, éviter les vitesses d'avancement excessives, adapter la hauteur de la rampe, éviter les mouvements de balancement de la rampe, éviter les mauvais réglages de pressions et l'utilisation de buses non adaptées. Enfin, l'utilisation systématique des pesticides est à proscrire.

## 1.2. Effet des écrans sur la dérive

Les écrans ont un effet sur la vitesse du vent en amont et en aval de ceux-ci en diminuant ou le flux d'air. Mais ils ont aussi un impact sur le déplacement des PPP par l'interception des gouttes. C'est pourquoi l'effet des écrans sur la réduction de la dérive a fortement été étudié. Des écrans de natures différentes ont été testés. Cela va du simple filet aux différentes espèces végétales rencontrées en milieu bocager. Des modèles de mathématiques ont été proposés par certains auteurs (Lazzaro et *al.*, 2008) pour approximer l'effet que qu'ont certains écrans la réduction de la dérive et la dispersion des gouttes de manière verticale et horizontale.

Des expériences en tunnels ont tentés de comprendre le comportement que peuvent avoir les flux d'air autour des écrans. La structure d'un écran est caractérisée par sa hauteur, sa largeur, son épaisseur, sa porosité ( $\phi$ ) mais aussi par la distribution et la forme de ses ouvertures. La porosité est définie comme somme des surfaces de toutes les ouvertures sur la surface totale. La porosité est souvent exprimée en pourcentage (%) (Schamphelire et *al.*, 2009 (a)). La hauteur de l'écran est un paramètre très important car dans de nombreuses études les distances par rapport à l'écran sont exprimées de manière relative par rapport à cette hauteur. La lettre « H » est couramment utilisée pour exprimer cette distance, on parle alors de 2H pour exprimer une distance qui vaut deux fois la hauteur de l'écran.

Le flot de vent possède un profil de vitesse qui augmente de manière logarithmique avec la hauteur, à condition que l'atmosphère. A une certaine distance en aval de l'écran, l'air de la couche inférieure à la hauteur de l'écran (H) commence à ralentir et à diverger. De l'air traverse l'écran à travers ces pores, créant ainsi une région où la vitesse du vent est faible. La vitesse du vent de cette région est diminuée à cause de la résistance exercée par la végétation de l'écran. Le plus gros volume d'air passe au-dessus de l'écran en augmentant sa vitesse. Une couche d'air, avec une augmentation systématique de sa vitesse, s'étend par conséquent à une hauteur de 1,5 x H au-dessus de l'écran (McNaughton, 1988 cité par Schamphelire et *al.*, 2009 (a)). Une zone calme est formée juste après l'écran. Cette zone se voit diminuée avec la porosité de l'écran. Au-dessus de la zone de calme se trouve une zone formée de couches turbulentes. A une certaine distance de l'écran, le profil du vent est rééquilibré de telle manière que l'influence de l'écran ne se fait plus sentir. Un écran d'une porosité de 40% a une zone refuge d'environ 9H à une vitesse de vent faible (>3m/s) ; à plus haute vitesse elle tend à se rétrécir (Schamphelire et *al.*, 2009 (a)).

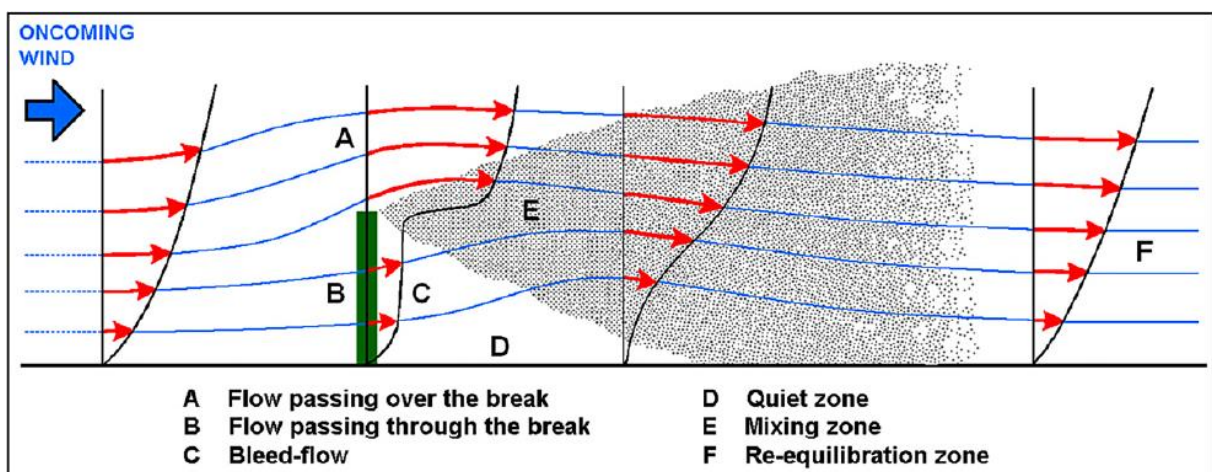


Figure 6: Effet d'un écran sur la dérive (Schamphelire et *al.*, 2009). Avec A = Flux d'air passant au-dessus de l'écran; B= Flux d'air passant à travers l'écran; C= « Bleed-flow » ; D= Zone de dépression ; E=Zone mixte ; F= Zone de rééquilibrage)

L'écran doit non seulement réduire la vitesse, mais aussi capturer un maximum de gouttes dans ses mailles. Pour caractériser ce comportement, une formule a été développée par Raupach et al. (2001) (cités par Schampheleire et al., 2009 (a)). Leur formule reflète le comportement antagoniste des deux effets recherchés par un écran. En effet l'écran doit être suffisamment dense pour capturer les gouttes, mais suffisamment clairsemé afin de laisser passer le flux d'air à travers l'écran. Selon cette formule, un écran de porosité d'environ 40% est le plus efficace pour capturer les gouttes présentes dans le flux d'air. Lors de leurs expériences, Schampheleire et al. (2009 (a)) ont trouvé qu'un écran artificiel d'une porosité de 36% et d'une hauteur de 2 m donnait les meilleurs résultats en terme de réduction de dérive.

### **1.3. La volatilisation des PPP et le risque d'exposition après l'application**

La volatilisation est un processus physico-chimique lors duquel un composé passe de la phase solide ou liquide à une phase gazeuse. Le composé subit donc une évaporation ou une sublimation. Il s'agit dans le contexte étudié ici, d'un phénomène qui se passe entre le PPP et différentes interfaces (le sol, la végétation, l'atmosphère basse). La volatilisation depuis les plantes est plus importante et plus rapide que depuis la surface du sol (Bedos et al., 2010)(Rüdel, 1997).

D'après Rüdel (1997), selon le pesticide considéré, sur une période de temps de 24 h après la pulvérisation, les flux de volatilisation émis depuis le couvert végétal peuvent être 13 fois plus importants que ceux émis depuis l'interface sol. Cela est partiellement expliqué par une absorption plus faible de certains PPP sur la plante que sur des particules de sol.

Les PPP présents sur les feuillages sont plus fortement exposés aux turbulences de l'air et présentent une importante surface d'échange (Lichiheb, 2014). D'autres études ont montré que les pertes peuvent représenter quelques pourcents jusqu'à plus 60% de la dose appliquée, qui peut être ainsi perdue par volatilisation ((Bedos et al., 2010),(Kromer et al. 2004), (Wolters, 2003),(Kubiak et al. 1995), (Stork et al. 1998).

Le phénomène de volatilisation est régi par trois grands facteurs : les propriétés physico-chimiques des PPP ; les conditions météorologiques ; la persistance des PPP à la surface des feuilles.

La volatilisation est un phénomène important de dissémination des PPP dans l'environnement. Ce mécanisme s'effectue de manière continue sur des temps relativement longs. Celui-ci peut aller de quelques jours à plusieurs semaines, parfois selon un cycle diurne (Bedos et al., 2002). Des pertes de quelques dizaines de pourcents de la dose appliquée peuvent être perdues selon les situations. Des taux de  $0.1 \text{ g ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  à près de  $100 \text{ g ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$  de PPP ont été rapportés (Corpen, 2007). Ce phénomène pourrait atteindre près de 80% de l'émission dans l'air en post-application.

Lichiheb (2014) a comparé le flux de volatilisation de deux PPP (le chlorothalonil et la fenpropidine) et les prédictions du modèle SURFATM pour ces deux pesticides. « *Ce modèle décrit les échanges d'énergie, d'eau et de polluants entre le sol, la végétation et l'atmosphère à l'échelle de la parcelle. Ce modèle se base sur les résistances aux transferts (résistance aérodynamique, résistance de couche limite et résistances aux interfaces)* ». Dans le cas du chlorothalonil, les quantités mesurées ( $23,6 \text{ ng m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) se rapprochent fortement des quantités simulées ( $24,8 \text{ ng m}^2 \text{ s}^{-1}$ ). Cependant pour la fenpropidine, le modèle surestime les quantités.

### 1.3.1. Facteurs influençant le taux de volatilisation

#### ► La pénétration foliaire

Aussitôt le produit appliqué sur la surface de la feuille et en fonction de ses propriétés, la substance active peut migrer vers l'intérieur du tissu foliaire. Celle-ci se fait alors en trois étapes (Kirkwood, 1999 cité par Lichiheb 2014) :

1. L'absorption au niveau de la surface de la cuticule
2. La diffusion à travers la cuticule
3. La pénétration à l'intérieur du tissu foliaire

L'absorption des PPP à la surface cuticulaire dépend particulièrement de leur lipophilicité (mesuré par le  $K_{ow}$  coefficient de partage octanol/eau) (Wang et Liu, 2007 cité par Lichiheb 2014). La diffusion à travers la cuticule peut être décrite par la loi de Fick adaptée pour les membranes (Riederer et Friedmann, 2007 cité par Lichiheb, 2014).

$$F = P(C_e - C_i)$$

Avec

$$P = D_c \cdot K / I \cdot E$$

«  $F$  représente un flux de diffusion molaire (moles  $m^{-2} s^{-1}$ ),  $P$  est un coefficient de perméabilité ( $m s^{-1}$ ),  $C_e$  est la concentration de soluté présent à l'extérieur de la couche cuticulaire et  $C_i$  est la concentration de soluté dans une paroi du côté interne de la cuticule,  $D_c$  est un coefficient de diffusion dans la cuticule ( $m^{-2} s^{-1}$ ),  $K$  est un coefficient de partage entre la cuticule et le réservoir adjacent,  $I$  est le facteur de tortuosité, et  $E$  l'épaisseur de la cuticule ( $\mu m$ ) » (Lichiheb, 2014).

« En ce qui concerne la phase de pénétration des pesticides à l'intérieur du tissu foliaire, cette dernière équation est décrite par McCall (1989) selon une cinétique de premier ordre » (Lichiheb, 2014).

$$M(t) = M_0 \cdot (1 - e^{-k_{pen} \cdot t})$$

«  $M(t)$  est la fraction ayant pénétré à l'intérieur du tissu foliaire au temps  $t$ ,  $M_0$  est la fraction totale de pesticide à la surface foliaire,  $K_{pen}$  est le coefficient de pénétration foliaire ( $s^{-1}$ ) et  $t$  est le temps(s) » (Lichiheb, 2014).

La pénétration est influencée par mouillabilité de la surface. C'est un facteur intervenant dans l'interception des gouttes de PPP. Ce facteur est conditionné par la pilosité de la plante. Plus cette pilosité est abondante, moins il y aura d'absorption au niveau de la surface foliaire. Le stade de développement influence l'absorption, car les jeunes feuilles sont dépourvues de cires épicuticulaires, ce qui les rend fortement mouillables. La géométrie de feuilles affecte la distribution des gouttes à sa surface, agissant ainsi sur la pénétration à travers cette dernière. Un dernier facteur affectant la pénétration est la composition et l'épaisseur de la cuticule des feuilles. Satchivi et al., 2001(cité par Lichiheb, 2014) « ont démontré que pour des composés hydrophiles, le pourcentage d'absorption pour une cuticule de  $1\mu m$  d'épaisseur est de 61%, tandis que seulement 4% ont été absorbé pour une cuticule de  $5\mu m$  d'épaisseur ».

Certains adjuvants (tensioactifs) sont ajoutés à la bouillie. Ceux-ci diminuent les tensions interfaciales, facilitant l'étalement de la goutte sur la surface foliaire du végétal. Cet effet sur la goutte favorise également le processus de pénétration foliaire.

## ► La photodégradation

L'une des voies principales de dégradation des PPP dans l'environnement après application est la photodégradation par le rayonnement solaire. La dégradation des PPP est dépendante du profil d'absorption des ultraviolets. Il apparaît cependant qu'une énergie comprise entre 70 et 120 kcal mol<sup>-1</sup> est suffisante pour détruire la plus part des liaisons chimiques existant au sein des pesticides. Cette énergie correspond à une longueur d'onde comprise entre 250-400 nm (Watkins 1974, citée par Katagi, 2004). Au niveau du sol, le pic de densité de flux est reçu à des longueurs d'ondes allant de 440 à 460 nm, la partie du spectre responsable de la photodégradation ne représentant pas plus de 5 à 6% de la lumière reçue. Sur la figure 7 la zone concernée par la photodégradation se trouve en bas à gauche de la courbe 3.

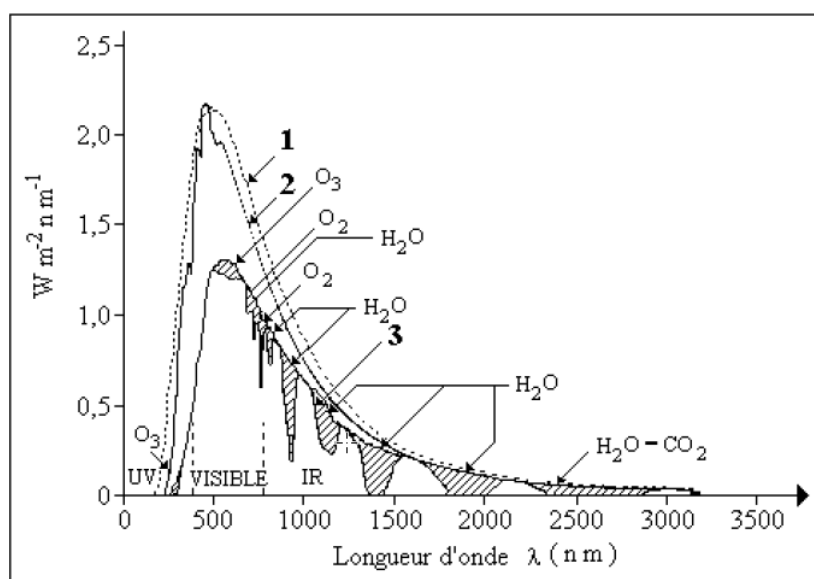


Figure 7: Densité spectrale de densité de flux (ddf) émise par un corps noir à 6000k (pointillé, courbe 1), et par le soleil (trait plein, courbe 2). Courbe 3: Densité spectrale de ddf reçue à la surface de la terre. Bande d'absorption du rayonnement par l'atmosphère terrestre (zones hachurées) (Longdoz & Aubinet 2017)

Il existe deux modes de photodégradation : la photodégradation directe et indirecte. La voie directe est causée par l'absorption de photons par le PPP, tandis que la voie indirecte correspond à une transformation de la molécule après réaction avec des radicaux issus de photoinducteurs.

La photodégradation des PPP peut se passer dans différents compartiments de l'environnement (à la surface des feuilles, au niveau du sol, dans les eaux de surface). La photodégradation à la surface des feuilles est plus susceptible d'être une dégradation directe. Le processus de photodégradation engendre des « produits de dégradation » qui ne sont pas forcément moins nocifs que la molécule originelle. Ces produits sont tout aussi susceptibles de subir la volatilisation ou d'être lessivés par les pluies.

Différents facteurs relatifs aux pesticides, à la plante ou aux conditions météorologiques influencent la vitesse à laquelle la photodégradation se déroule. La formulation du produit, de par la présence de tensioactifs ou de produits photoprotecteurs, influencera la vitesse de dégradation. De manière générale, la demi-vie de photolyse du produit formulé est moins importante que celle du produit pur.

## ► Les caractéristiques physico-chimiques de la bouillie

Les propriétés physico-chimiques des PPP déterminent en grande partie leur devenir au niveau de la plante et du sol. Les paramètres tels que : pression de vapeur, coefficient de partage octanol/eau, solubilité, constante de Henry et poids moléculaire, sont les propriétés majeures intervenant dans le processus de volatilisation. Les PPP sont rarement appliqués seuls, des adjuvants favorisant l'efficacité sont souvent ajoutés. La bouillie résultante est adaptée au mode d'action de la substance active. Un produit systémique possède une pénétration facilitée au contact de la plante, contrairement à un produit de contact. La formulation (ex : concentré soluble ou concentré émulsionnable) utilisée lors de la pulvérisation aura ainsi un impact sur le taux de volatilisation.

L'accumulation et la diffusion des PPP à travers et dans la cuticule sont favorisées par une solubilité élevée dans les lipides. Leistra (2005), cité par Lichiheb (2014), montre que le coefficient de partage octanol/eau ( $K_{ow}$ ) du PPP peut aider à estimer la pénétration foliaire. La pénétration foliaire est aussi favorisée par un faible poids moléculaire (Wang et Liu (2007) cité par Lichiheb, 2014).

#### ► **Les propriétés de surfaces**

La bouillie pulvérisée peut se volatiliser depuis la surface des plantes et depuis le sol. Les propriétés de ces deux types surfaces influencent le taux de volatilisation. Certaines propriétés du sol (teneur en eau, la température, la texture, la structure, la teneur en matière organique) ont des effets sur la volatilisation. Pour ce qui est des caractéristiques de la plante, sa nature et son stade de développement sont les principaux facteurs influençant la volatilisation.

#### ► **Les conditions météorologiques**

Les paramètres comme la vitesse du vent, l'humidité relative, la pluviométrie atmosphérique et la température jouent un rôle sur le phénomène de volatilisation. La température est une variable très importante car elle influence les caractéristiques physico-chimiques des PPP (CORPEN, 2007). Des températures élevées facilitent la pénétration des PPP dans les feuilles. En effet la fluidité des lipides présents dans la cuticule et par conséquent leur perméabilité est modifiée avec des températures élevées (Scalla, 1991 cité par Lichiheb, 2014). Ceci est davantage marqué pour la diffusion des pesticides liposolubles. Les précipitations et l'humidité relative favorisent aussi la pénétration foliaire.

#### ► **Les pratiques culturales**

Les techniques d'application des PPP influencent les pertes. Des paramètres comme le travail du sol, la date d'application ainsi que la dose influent sur le taux de volatilisation.

#### ► **Caractéristiques des gouttes**

La pénétration foliaire est influencée par la taille des gouttes, donc par la pression de pulvérisation. Les gouttes de diamètre supérieur à 300  $\mu\text{m}$  sont peu retenues par les feuilles, car l'énergie cinétique de ces grosses gouttes moyennes est supérieure à l'énergie demandée pour l'adhésion de ces dernières (Scalla, 1991 cité par Lichiheb, 2014).

#### ► **Le volume appliqué**

Une augmentation du volume pulvérisé augmente les chances d'interception du PPP par le couvert végétal.

## Chapitre 2. L'exposition aux pesticides

---

### 2.1. Le danger, le risque et l'exposition : quelques définitions

« Un danger est un agent physique, biologique ou une substance qui a le potentiel de causer un effet néfaste avéré sur la santé » (Schiffers n.d.)

« Le risque est la probabilité d'un préjudice. Le degré de risque repose à la fois sur la probabilité et la gravité du résultat (type de préjudice, nombre de personnes touchées, etc.). Le « risque » est lié à l'exposition au danger, c'est-à-dire à la consommation de la denrée contaminée (quantité et fréquence de consommation) » (Schiffersn.d.)

Exposition : La mesure dans laquelle il existe un contact du corps avec l'agent chimique par les routes suivantes : le système respiratoire, la peau et les muqueuses ou le système digestif (Arrêté royal du 11 mars 2002).

Un riverain (ou « résident ») : est toute personne qui vit, travaille ou va à l'école ou dans toute autre institution adjacente à une zone qui est ou a été traitée avec un produit phytopharmaceutique. Ils ne sont pas impliqués dans une activité professionnelle de la protection phytosanitaire des plantes. Ces personnes ne prennent aucune action pour se protéger ou contrôler leur exposition. Ce sont aussi toutes personnes qui pourraient être présentes en ces lieux pendant 24 heures (EFSA 2014).

Les passants (*Bystanders*) : sont toutes personnes qui peuvent se trouver à côté d'un champ qui est ou a été pulvérisé récemment. Leur présence est accidentelle et ils ne sont pas impliqués dans une activité professionnelle de la protection phytosanitaire des plantes. De par leur position, ils sont exposés et ne prennent aucune action pour se protéger ou contrôler leur exposition (EFSA 2014).

Acceptable Operator Exposure Level (AOEL) : Est une valeur de référence avec laquelle l'exposition non alimentaire aux produits phytopharmaceutiques est actuellement évalué. Cette valeur est exprimée en kg de substance active par kg de poids corporel par jour. Elle tente de définir un niveau d'exposition journalier pendant la saison des pulvérisations, sous lequel aucun effet néfaste sur la santé n'est attendu. Cette valeur est obtenue en appliquant un facteur d'évaluation (souvent 100) à une autre valeur toxicologique appelé la NOAEL (« No Observed Adverse Effect Level), qui provient d'études toxicologiques sur 90 jours ou plus, réalisées sur des animaux (EFSA, 2014). L'AOEL est parfois appelé RVNAS (Reference value non acutely toxic active substance)

Acute Acceptable Operator Exposure Level (AAOEL) : Est un terme pour définir une valeur de référence avec laquelle l'exposition non alimentaire (pour des doses susceptibles d'être ingérés en une journée) aux produits phytopharmaceutiques est actuellement évalué (EFSA, 2014). L'AAOEL est parfois appelé RVAAS (Reference Value Acutely toxic Active Substance).

### 2.2. Les types, les modes et les voies d'exposition chez les riverains

En 2014, l'EFSA publia un document de guidance pour la réalisation d'évaluation de l'exposition aux PPP des fermiers, travailleurs agricoles, riverains et passants. Ce document est devenu une référence

en la matière, en effet celui-ci sert à l'évaluation du risque que pourrait représenter un nouveau produit phytosanitaire lors des procédures de mise sur le marché.

Lors de l'évaluation de l'exposition, des scénarii sont réalisés. Un scénario comprend différentes informations relatives au produit utilisé et à ses modalités d'application. Les informations suivantes sont demandées par le modèle EFSA afin de calculer l'exposition : des valeurs toxicologiques de référence de la substance active (AOEL, AAOEL), le type de culture, le type de formulation, la quantité de bouillie à l'hectare, la quantité de produit à l'hectare, le temps de dissipation (ou demi-vie) du produit (DT50), la quantité de résidus foliaire initial délogeable, l'absorption dermale du produit en dilution, l'absorption dermale de la substance active, l'absorption par voie orale de la substance active, la pression de vapeur de la substance active, indiquer si l'application est extérieure ou en serre, la méthode d'application (pulvérisation vers le sol, ou en l'air), la zone tampon, le nombre d'applications du produit par an, l'intervalle minimal en nombre de jours, et la saison d'application (uniquement pour les traitements en vergers).

Pour l'exposition des riverains, quatre voies d'expositions sont considérées par l'EFSA : l'exposition directe due à la dérive, l'exposition aux vapeurs, l'exposition par contact avec des surfaces contaminées et l'exposition lors de l'entrée dans un champ préalablement traité. Chaque circonstance d'exposition résulte d'une voie physique d'exposition: il s'agit des voies inhalatrice, dermale et orale. L'exposition résulte de la somme de ces différentes voies physiques d'exposition. Le détail des différentes voies d'exposition sont détaillés ci-dessous.

Si l'on veut estimer les risques lors de l'utilisation des PPP, il est nécessaire d'étudier le comportement humain dans un cadre habituel, de la vie de tous les jours. Un nombre de méthodes pour étudier le comportement humain existe, mais les résultats dépendent fortement de la méthode utilisée. En général, l'observation est la meilleure technique pour bien comprendre le comportement humain (Steenbekkers, 2001).

### **2.2.1. Exposition aux PPP par voie inhalatrice**

Afin de calculer l'exposition aux PPP par les voies inhalatrice, différentes paramètres comme : le taux respiratoire, la concentration de PPP dans l'air, le temps d'exposition et les valeurs d'absorption des PPP, doivent être connus.

La valeur du taux respiratoire est fonction du scénario utilisé. En effet selon que l'on soit un adulte ou un enfant, que nous fassions du sport ou que nous soyons au repos, la quantité d'air respiré n'est pas la même. Dans le cas d'un « worst case scenario » pour les riverains l'EFSA considère qu'un enfant respire un volume de  $1\text{m}^3/\text{jour}/\text{kg}$  de poids vif. Un adulte quant à lui respire un volume de  $0,23\text{ m}^3/\text{jour}/\text{kg}$  de poids vif.

Pour ses calculs de l'exposition des riverains, l'EFSA considère trois classes de substances actives en fonction de la valeur de leur pression de vapeur. Il y a les substances actives à faibles ( $<5 \cdot 10^{-3}$  Pa), modérées ( $<10^{-2}$  Pa) et hautes ( $<10^{-2}$  Pa) pressions de vapeur. Une approche *ad hoc* est requise pour les substances actives à haute pression de vapeur. Par contre, pour les substances actives ayant une pression de vapeur faible ou modérée, une valeur par défaut de concentration dans l'air leur est attribuée dans le modèle. Cette valeur est de  $1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les substances actives à faible pression de vapeur, et de  $15\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les substances à pression de vapeur modérée (EFSA 2014).

Le rapport n° 1323/2018 EXPOPESTEN (Giusti et al., 2018), donne les résultats obtenus lors d'une campagne de mesure des concentrations de certains pesticides dans l'air ambiant en Wallonie pour la période de mai 2015 à mai 2016. De ce rapport, plusieurs observations peuvent être tirées. Premièrement les concentrations mesurées dans l'air sont de l'ordre du nanogramme (ng) par m<sup>3</sup>, allant jusqu'à la dizaine de nanogramme. Deuxièmement une saisonnalité importante a été observée sur toute l'année, avec une présence très faible (voire nulle) de pesticides dans l'air en hiver. Les concentrations mesurées durant les périodes automnales et estivales sont plus modérées. La période printanière montre une présence plus importante de PPP dans l'air. L'essentiel des substances actives (S.A) retrouvées sont soit des herbicides soit des fongicides. Les S.A les plus retrouvées dans cette étude sont le triallate (herbicide), la pendiméthaline (herbicide), le chlorothalonil (fongicide) et la benfluraline. Le chlorpyrifos-éthyl est le seul insecticide fréquemment retrouvé dans l'air, mais en faible concentration. Le tableau 2 présente les valeurs retrouvées des concentrations de ces PPP, avec la limite de quantification, la fréquence de détection, la fréquence de quantification et la moyenne avec l'écart-type.

Des sites de natures différentes ont été choisis pour ces tests. La catégorie « grandes cultures » (sites de Gembloux et Louvain-la-Neuve) avait les concentrations dans l'air les plus importantes. C'est dans la localité de type « fruitière » (site d'Oupeye) que le plus grand nombre de PPP et la plus grande concentration totale cumulée ont été observés. Dans les stations dites « agricoles », les concentrations retrouvées sont supérieures à 2 ng/m<sup>3</sup>, contre moins d'1 ng/m<sup>3</sup> dans les stations « non agricoles ».

Mis à part quelques exceptions, cette étude soulève le fait que, les substances les plus retrouvées sont souvent les plus utilisées. Le chlorpyrifos et l'alconifen ont été peu détectés, pour l'alconifen en dépit de l'abondance de son utilisation (36.392 kg vendus en Belgique sur la période de 2015-2016). Les pesticides les plus souvent rencontrés dans les différentes stations d'essais sont le triallate, la pendiméthaline, le chlorothalonil, le captane et la benfluraline. Le tableau ci-dessous présente les différentes gammes dans lesquelles les PPP cités juste avant ont été retrouvés.

**Tableau 3 : Substances actives les plus retrouvées lors de l'étude EXPOPESTEN**

Pesticide	Limite de quantification (ng/m <sup>3</sup> )	Fréquence de détection (%)	Fréquence de quantification (%)	Gamme (ng/m <sup>3</sup> )	Moyenne +/- S.D (ng/m <sup>3</sup> )
Benfluraline (Herbicide)	0,04	51,1	42,7	0,04-2,46	0,36±0,54
Captane (Fongicide)	0,04	51,1	33,5	0,04-6,6	0,47 ± 0,86
Chlorothalonil (Fongicide)	0,1	59,5	47,1	0,1-12,36	1,13 ± 1,76
Pendiméthaline (Herbicide)	0,1	81,9	41,9	0,1-0,32	0,37±0,43
Triallate (Herbicide)	0,1	89,0	46,7	0,1-2,3	0,42±0,37

Il est à noter que parfois les écarts-type valent le double de la moyenne. Des pics ou maxima de concentration importants ont été observés (voir le tableau 4, deux localités de types grandes

cultures, les sites de Gembloux et Louvain-la-Neuve). Cela signifie que des pics de concentration sont apparus à des moments précis de l'année. Cependant ces « pics » ont été dilués car les cartouches absorbantes des stations de prélèvements étaient récoltées tous les 14 jours. Le moment précis du pic n'est donc pas révélé dans cette étude.

**Tableau 4 : Nombre de pesticides, valeurs des concentrations moyennes et maximum de 2 localités type grande cultures.**

Localité d'échantillonnage	Typologie de la station	Nombre de pesticides découverts	Moyenne +/- S.D (ng/m <sup>3</sup> )	Max (ng/m <sup>3</sup> )
Gembloux	Agricole mixte (grandes cultures)	22	2,02+/- 4,26	18,76
Louvain-la-Neuve	Agricole mixte (grandes cultures)	23	2,34+/-3,55	14,24

Pour les calculs d'exposition, l'EFSA considère une concentration de substance active dans l'air pour les produits peu volatils de 1 µg/m<sup>3</sup>, et de 15 µg/m<sup>3</sup>. Ces concentrations sont 100 à 1000 fois plus importantes que les maximums mesurés lors de l'étude EXPOPESTEN. Les pressions de vapeur (leur volatilité) des substances du tableau 3 sont : 8,76 mPa pour le Benfluraline (modérément volatils), <1,3 mPa pour le Captane (modérément volatils), 0,076 mPa pour le Chlorothalonil (faiblement volatils), 1,94 mPa pour la Pendimethaline (modérément volatils), 16mPa pour le triallate (fortement volatils).

Une étude en France a effectué des mesures des pesticides dans l'air ambiant en milieu urbain (à Rennes) sur une période de 10 semaines (29/4/2003 au 08/07/2003). Les résultats indiquent que la molécule la plus fréquemment détectée est le lindane (pourtant retiré en Europe depuis décembre 2000). Suivi de l'alachlor (retiré en Europe depuis janvier 2013), du chlorothalonil (approuvé), de l'atrazine (retiré en Europe depuis mars 2004) et de la pendimethaline (approuvé). Chaque substance a une dynamique qui lui est propre. Les concentrations trouvées varie entre 1,6 ng/m<sup>3</sup> (maximum) à des valeurs inférieures à 0,2ng/m<sup>3</sup>(Air Breizh, 2003).

### 2.2.2. Exposition par voie dermale aux PPP

L'exposition dermale totale aux PPP peut être une combinaison d'expositions d'origines différentes. En effet celle-ci inclut l'exposition directe due à la dérive, mais aussi les expositions indirectes, par contacts qu'il peut y avoir entre des surfaces traitées et la peau. La valeur de l'exposition dermale est fonction de différents paramètres : le taux d'absorption des PPP au niveau de la peau, les surfaces de peaux exposés, les coefficients de transfère de différentes surfaces (notamment d'une pelouse).Le coefficient d'absorption dermale est déterminé expérimentalement pour chaque substance active pure et sa formulation (ce qui signifie que le PPP est dilué dans de l'eau selon les recommandations pour leur utilisation lors de pulvérisations).

Afin de pouvoir calculer une exposition par voie dermale, une surface de peau susceptible d'être exposée aux PPP a été calculé. L'EFSA utilise des valeurs de surfaces établies par l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA) pour ses calculs d'exposition.

### 2.2.3. Exposition aux PPP par voie orale

L'EFSA calcule l'exposition par voie orale chez les riverains uniquement pour les enfants. Ces derniers amènent via leurs mains, de l'herbe ou des objets (jouets, ...) des résidus de PPP provenant de la dérive de pulvérisation jusqu'à leur bouche.

### 2.2.4. Exposition à la dérive de pulvérisation

L'EFSA considère que l'exposition à la dérive directe due à la dérive des PPP doit être calculée comme suit : l'exposition dermale potentielle est multipliée par le pourcentage d'absorption dermale de la substance, le tout étant additionné à l'exposition par les voies inhalatrices. Le pourcentage d'absorption dermale est une valeur provenant d'une évaluation toxicologique, et est celle du PPP dilué selon les recommandations de la firme. Le coefficient d'absorption du PPP par les voies inhalatrices est considéré comme égal à 100% selon l'EFSA (EFSA 2014).

Le calcul de l'exposition à la dérive de pulvérisation (Exp<sub>derm</sub>) proposé par l'EFSA comporte une composante dermale et une composante inhalatrice, elle se présente comme suit ;

$$\text{ExpDérive} = (\text{Exp}_{\text{derm}} * \text{Absorbinuse} * (1 - \text{ClothAF}) + \text{Exp}_{\text{inhal}}) * \text{Conc A.S}$$

Le terme « Exp<sub>derm</sub> » représente l'exposition dermale des riverains en millilitres de bouillie diluée atteignant une personne. Il s'agit d'une valeur proposée par l'EFSA qui est fonction du type de personne concernée (adulte ou enfant), du type de culture concernée (verger ou grande culture), de la bande tampon considérée, et du percentile considéré (75<sup>th</sup>) (ou de la moyenne d'exposition). Le tableau 4 reprend les valeurs proposées par l'EFSA.

Le terme « Absorbinuse » représente le pourcentage d'absorption dermale du produit une fois diluée dans les proportions recommandée par la firme.

Le terme « ClothAF » est un facteur d'ajustement de la surface de peau exposée. Il s'agit d'une valeur qui est fixé à 18% dans le calculateur de l'EFSA.

Le terme « Exp<sub>inhal</sub> » représente l'exposition par voie inhalatrice des riverains en millilitres de bouillie diluée atteignant une personne. Tout comme l'exposition dermale, il s'agit d'une valeur proposée par l'EFSA, et fonction des mêmes paramètres. (Voir tableau 5)

Le terme « Conc A.S » représente la concentration de la substance active en grammes par millilitre de bouillie.

**Tableau 5: Exposition dermale et inhalatrice chez les riverains lors de la dérive de pulvérisation (moyennes et percentiles 75<sup>th</sup> provenant des données sur l'exposition potentielle dermale et inhalatrice) (adapté et amendé par le panel PPR de l'EFSA, 2010)**

Méthode d'application	Valeurs moyenne et de percentile 75 <sup>th</sup> d'exposition dermale et inhalatrice chez les riverains (considérant une valeur moyenne de taux d'inhalation)			
	Dermale (mL de spray dilué/personne)		Inhalatrice (mL de spray dilué/personne)	
	Adultes	Enfants	Adultes	Enfants

	Moyenne	Percentile 75 <sup>th</sup>	Moyenne	Percentile 75 <sup>th</sup>	Moyenne	Percentile 75 <sup>th</sup>	Moyenne	Percentile 75 <sup>th</sup>
Grandes cultures/ Pulvérisation vers le bas								
2m	0,22	0,47	0,18	0,33	0,00009	0,00010	0,00017	0,00022
5m	0,12	0,24	0,12	0,22	0,00008	0,00009	0,00014	0,00017
10m	0,11	0,20	0,10	0,18	0,00007	0,00009	0,00011	0,00013
Vergers/ Pulvérisation vers le haut								
2-3m	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
5m	3,68	5,63	1,11	1,689	0,00170	0,0021	0,00130	0,00164
10m	3,68	5,63	1,11	1,689	0,00170	0,0021	0,00130	0,00164

### 2.2.5. Exposition par la volatilisation

L'exposition due au phénomène de volatilisation des PPP dans l'air (ExpVol) ne considère que les voies inhalatrices, cette exposition est calculée comme suit par l'EFSA : la concentration en vapeur dans l'air est multipliée le taux d'inhalation et le pourcentage d'absorption de la substance active par voie inhalatrice (100%). Pour l'exposition des voies inhalatrices, un temps d'exposition de 24 heures est considéré dans les calculs de l'EFSA. La formule se présente comme tel :

$$\text{ExpVol} = \text{AirCon} * \text{Breathrate}$$

Le terme « AirCon » représente la concentration dans l'air du pesticide (mg/m<sup>3</sup>). Ce paramètre ne peut prendre que deux valeurs, qui sont fonction de la volatilité de la substance active.

Le terme « Breathrate » représente le taux de respiration d'une personne (adulte ou enfant). Cette valeur vaut 0,23 m<sup>3</sup>/heure/kg de masse corporelle pour un adulte riverain, et 1,07 m<sup>3</sup>/heure/kg de masse corporelle pour un enfant riverain.

### 2.2.6. Exposition des riverains aux dépôts de surface

L'exposition due aux dépôts sur des surfaces pour les adultes se compose uniquement de la voie dermale. Tandis ce que pour les enfants, cette exposition est composé de la voie dermale et de la voie orale. En effet pour les enfants l'exposition aux dépôts en surface est formé de 3 composantes, il s'agit de la voie dermale, la voie « *hand to mouth* » et « *object to mouth* ». Les dépôts de pesticides peuvent être transférés des mains d'un enfant vers sa bouche et d'un objet vers sa bouche

#### ► Voie dermale

Cette exposition est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Exp dermale} = \left( \frac{\text{AppRate}}{100} \right) * \% \text{Drift} * \text{TurfTransfert} * \text{TC} * \text{ReExpDur} * \text{DA} * \text{MAF}$$

Le terme « AppRate » représente la quantité de substance active épanchée par hectare (kg s.a/ha)

Le terme « %Drift » représente le coefficient de dérive sédimentaire. Des valeurs de pourcentage de la dérive sont fournies par l'EFSA. Elles sont obtenues par d'autres calculateurs d'exposition (BREEM). Le tableau 5 reprend quelques valeurs proposées.

**Tableau6: Pourcentages de dérive sédimentaire en fonction de la distance au point d'émission, pour les grandes cultures et les vergers en début de saison, recommandés par l'EFSA (moyennes et percentiles 75 ou P75)**

Distance	Grandes cultures		Vergers (début de saison)	
	Moyenne	P75	Moyenne	P75
<b>2-3 m</b>	4,1	5,6	18,98	23,96
<b>5 m</b>	1,8	2,3	11,69	15,79
<b>10 m</b>	1,0	1,3	6,07	8,96

Des mesures de réduction de la dérive peuvent être appliquées lors de la pulvérisation. Des buses anti-dérive de 50% peuvent être considérées comme une mesure d'atténuation de la dérive dans le calculateur de l'EFSA. Cependant pour d'autres mesures de réduction, des données supplémentaires sont nécessaire pour caractériser l'exposition.

Le terme « *TurfTransfert* » représente le pourcentage de résidus de pesticides délogeables à partir de l'herbe contaminée.

Le terme « *TC* » (Transfert Coefficient) représente un coefficient de transfert exprimé en cm<sup>2</sup>/h. Ces valeurs valent 7300 cm<sup>2</sup>/h pour les adultes, et 2600 cm<sup>2</sup>/h pour les enfants. Ce sont des valeurs pour lesquelles on considère une protection minimale de la part des vêtements.

Le terme « *ReExpDur* » représente le temps d'exposition exprimé en heures. Une valeur par défaut a été fixée à 2 heures de temps d'exposition.

Le terme « *DA* » (Dermal Absorption) représente l'absorption de la substance active par la peau.

Le terme « *MAF* » (Multiple Application Factor) est un facteur qui est fonction du nombre d'applications et du nombre de jours entre les pulvérisations. Les valeurs possibles sont reprises dans le tableau 7.

**Tableau 7: Facteurs en cas d'applications multiples, en présumant un temps de demi-vie de 30 jours des substances actives (EFSA PPR, 2010)**

Nombres de jours entre les applications	Nombre d'applications											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	1	1,9	2,6	3,2	3,7	4,2	4,5	4,9	5,1	5,4	5,6	5,7
10	1	1,8	2,4	2,9	3,3	3,6	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,5
14	1	1,7	2,2	2,6	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5
21	1	1,6	2,0	2,2	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6

► Voie d'exposition « *Hand to mouth* » (de la main à la bouche)

Cette exposition (*ExpHtoM*) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Exp HtoM} = \left(\frac{\text{AppRate}}{100}\right) * \text{TurfTranfert} * \text{salect} * \text{AreaHM} * \text{ReFreqHM} * \text{ReExpDur} * \text{Absorboralinuse} * \text{MAF}$$

Le terme « *salect* » est un facteur d'extraction de la salive. Il représente la fraction de PPP que la salive est capable d'extraire d'un objet ou de mains. Une valeur par défaut de 50% est recommandée par la « *United States Environmental Protection Agency* » (US EPA, 2001).

Le terme « *AreaHM* » représente la surface des mains en cm<sup>2</sup>. Une surface de 20 cm<sup>2</sup> de peau est supposée être en contact chaque fois qu'un enfant met un objet dans sa bouche.

Le terme « *ReFreqHM* » est la fréquence en événements par heure, avec laquelle un enfant met ses mains en bouche. Une valeur moyenne de 9,5 événements/heure est recommandée. Bien que les observations varient entre des valeurs allant de zéro à 70.

► Voie d'exposition « *Object to mouth* » (de l'objet à la bouche)

Cette exposition (*ExpOtoM*) est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Exp OtoM} = \left(\frac{\text{AppRate}}{100}\right) * \%Drift * \text{DRP} * \text{IgR} * \text{OA} * \text{MAF}$$

Le terme « *DRP* » représente le pourcentage de résidus de PPP délogeables présents sur un objet. Une valeur par défaut de 20% est proposée par l'*US EPA*.

Le terme « *IgR* » la surface d'herbe ingérée en cm<sup>2</sup>. Une valeur par défaut de 25 cm<sup>2</sup> d'herbe par jour est recommandée par l'*US EPA*.

Le terme « *OA* » (Oral Absorption) représente le taux d'absorption orale du produit PPP dilué.

## 2.3. Les méthodes de mesure de l'exposition

### 2.3.1. Mesures de l'exposition court terme (dérive)

Les mesures d'exposition à court terme sont similaires aux mesures de la dérive sédimentaire expliqués au point 1.1.4. Quantification de la dérive.

### 2.3.2. Mesures de l'exposition long terme

Des études ont montrés une exposition aux PPP plus conséquente de l'air aux alentours des champs, par analyse des poussières dans les résidences, ou bien dans les urines (Nuckols et *al.*, 2007, 2008; Obendorf et *al.*, 2006; Ward et *al.*, 2006 cités par Aschan-leygonie et *al.*, 2015).

► Mesure des concentrations atmosphériques

#### Piégeage de la phase gazeuse

Des pièges avec des d'absorbants (liquide ou solide) sont utilisés pour le monitoring. Différentes matrices existent, mais les plus utilisées sont celles en résines synthétiques (TENAX, la mousse de polyuréthane (PUF), les résines Amberlite (XAD), ...).

### **Extraction**

Les techniques d'extractions utilisées sont spécifiques au type de matrice de capture. Il faut isoler les molécules sans en altérer la structure. Les méthodes les plus répandues sont: l'extraction au Soxhlet, l'extraction aux ultrasons ; l'extraction par agitation à température ambiante. D'autres techniques plus récentes et plus spécifiques ont été mises aux points (Supercritical Fluid Extraction, Microwaves Assisted Extraction, Acelerated Assisted Extraction, ...)

### **L'analyse**

Différentes techniques d'analyse des substances actives piégées et extraits sont utilisées. Des techniques chromatographiques (en phase gazeuse ou en phase liquide) permettent la séparation, l'identification et la purification des composés d'une mixture pour pouvoir pour des analyses qualitative et quantitative.

La chromatographie en phase gazeuse (GC) est une méthode dans laquelle une phase stationnaire est placée dans une colonne qui contient une phase stationnaire liquide qui est absorbé à la surface d'un solide inerte. La chromatographie « gazeuse » combine une phase liquide et une phase gazeuse. La phase mobile, laquelle est un gaz inerte est passé dans la colonne sous haute pression. Les échantillons à analyser sont vaporisés, et entrent dans la phase mobile gazeuse. Les composés sont dispersés entre la phase mobile et la phase stationnaire située sur le support solide(Coskun, 2016).

La chromatographie liquide sous haute pression (HPLC), est une technique dans laquelle une phase mobile passe dans une colonne sous une haute pression (10-400 atmosphères) et à grande vitesse (0,1-5cm/sec). Cette technique est utilisée pour des molécules organiques non volatiles, sensibles à la chaleur et de polarité élevée(Coskun, 2016).

Ces deux techniques chromatographiques peuvent être couplées à des détecteurs plus spécifiques comme : la détection par spectrométrie UV, par spectrométrie de masse (MS), la détection par ionisation dans la flamme, la détection par spectrophotométrie à fluorescence, etc.

#### ► Mesure des concentrations dans les poussières

Une partie de l'exposition à long terme des riverains passe par l'analyse des poussières intérieures auxquelles ils sont potentiellement souvent en contact. Ce contact peut se faire par la peau, mais aussi par les voies respiratoires lors de mises en suspension des poussières. La collecte de ces poussières peut se faire de différentes manières. Certains auteurs utilisent un aspirateur pour les collecter (Simcox et al., 1995). D'autres auteurs ont utilisés des chiffons qu'ils ont frottés des surfaces de natures différentes (sols, jouets, mains, ...)(Quandt et al., 2004).

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

# Chapitre 3. Les essais en tunnel

## 3.1. Objectifs des essais en tunnel

Pour réduire l'exposition des riverains, une des méthodes qui pourrait être préconisée serait de conseiller (voire d'obliger) l'installation d'écrans (naturels ou artificiels) étant donné que ceux-ci peuvent intercepter les gouttes de bouillie et réduire la vitesse du vent. Il est toutefois difficile de prédire comment ces écrans se comporteront sans réaliser des mesures comparatives. C'est pourquoi des essais en conditions contrôlées ont été réalisés afin de pouvoir visualiser et mesurer l'effet de ces écrans. Ensuite, ces écrans pourront être testés en champs lors d'applications.

L'objectif des essais en tunnel est donc de caractériser en milieu contrôlé (vitesse et direction du vent uniformes pendant l'essai) l'effet de divers écrans, de composition et de géométries différentes, sur la dispersion par un courant d'air des gouttes pulvérisées.

## 3.2. Matériel et méthodes

### 3.2.1. Le tunnel

Les essais sont réalisés dans le tunnel de Gembloux Agro-Bio Tech. Ce tunnel de forme plus ou moins « elliptique » possède une section carrée de 2 x 2 mètres et une longueur de plus ou moins 8 mètres. Cette section carrée est le lieu où se font les essais. Le tunnel peut engendrer un flux d'air d'une vitesse 3 m/s. La section est traversée par une rampe (elle se trouve au début du tunnel) portant une buse de pulvérisation fixée à 65 cm de hauteur. La buse effectue des allers-retours à une vitesse de 2m/s. Les filets à tester sont placés en travers de la section, à 2 mètres de la buse (figure 8: schéma du tunnel, et places de la rampe, de la buse et de l'écran).

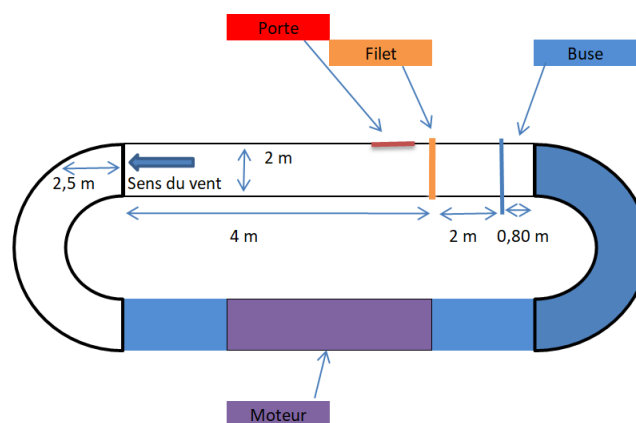


Figure 8 : Schéma général du tunnel d'essai utilisé avec les places de passage de la rampe avec sa buse et de l'écran. En blanc, la zone d'essai et de mesure.

### 3.2.2. Mesure de la vitesse du vent dans le tunnel

La vitesse du vent est mesurée à deux hauteurs : 40 cm correspondant à la moitié de la hauteur de l'écran et 88 cm qui correspond à la hauteur maximale d'un écran lors des tests. Pour mesurer la

vitesse du vent un marquage est placé sur le sol (selon la figure 9) afin de repérer les distances (8 distances) auxquelles les mesures de vitesse sont effectuées à l'aide de trois anémomètres (respectivement 2 anémomètres IHM 9190S et un anémomètre TESTO 435).

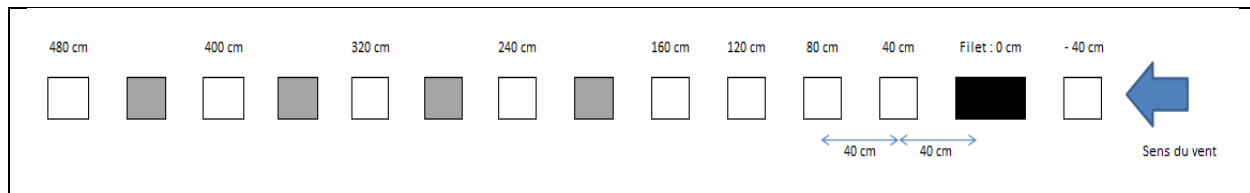


Figure 9: Schéma du quadrillage au sol dans le tunnel pour les mesures de vitesse de l'air

### 3.2.3. Type de buse et mesure du débit de la buse

La buse utilisée est une buse à fente (ou à jet plat) VKXR de marque TEEJET avec un angle d'ouverture de 110°. Selon les calculs du débit des buses, un volume de 0,79 L/min doit être obtenu pour une pression de 3 bars. A cette pression, la buse produit de « fines gouttelettes » dont le diamètre se situe entre 150 et 250 µm.

Le débit engendré par la buse du tunnel a été déterminé en mesurant la quantité d'eau pulvérisée à débit continu pendant trois fois 30 secondes avec 3 bars de pression. Le débit moyen mesuré est égal 0,7898 L/min, soit 0,79 L/min, ce qui est exactement la valeur attendue.

### 3.2.4. Utilisation de traceur utilisé dans les essais en tunnel et visualisation des gouttes

Afin de visualiser les gouttelettes un papier collecteur de couleur blanche est déroulé sur le sol du tunnel sur une longueur de 5 m. Un colorant (encre de chine) à une concentration de 100 g d'encre de chine/L d'eau est utilisé pour visualiser la répartition des gouttes. Les papiers obtenus en fin de chaque test sont scannés avec une résolution de 400 dpi. Sur chaque papier, une analyse d'image est effectuée sur une largeur de 19 cm (soit 3000 pixels) x une longueur de 5,5m. Un traitement de ces images est effectué avec le logiciel MATLAB. Une courbe des densités de pixels noirs en fonction de la distance avec le pulvérisateur est obtenue.

### 3.2.5. Mesure de porosité des écrans testés

Afin de mesurer la porosité des différents écrans testés, une photocopie de ceux-ci sur fond noir est effectuée (exemples à la figure 10) afin de pouvoir analyser le nombre de pixels par contraste. Via le logiciel MATLAB, le calcul du nombre de pixels blancs et noirs est réalisé. La porosité est ainsi obtenue en faisant le rapport entre le nombre de pixels blancs sur le nombre de pixels totaux (somme des pixels blancs et noirs).

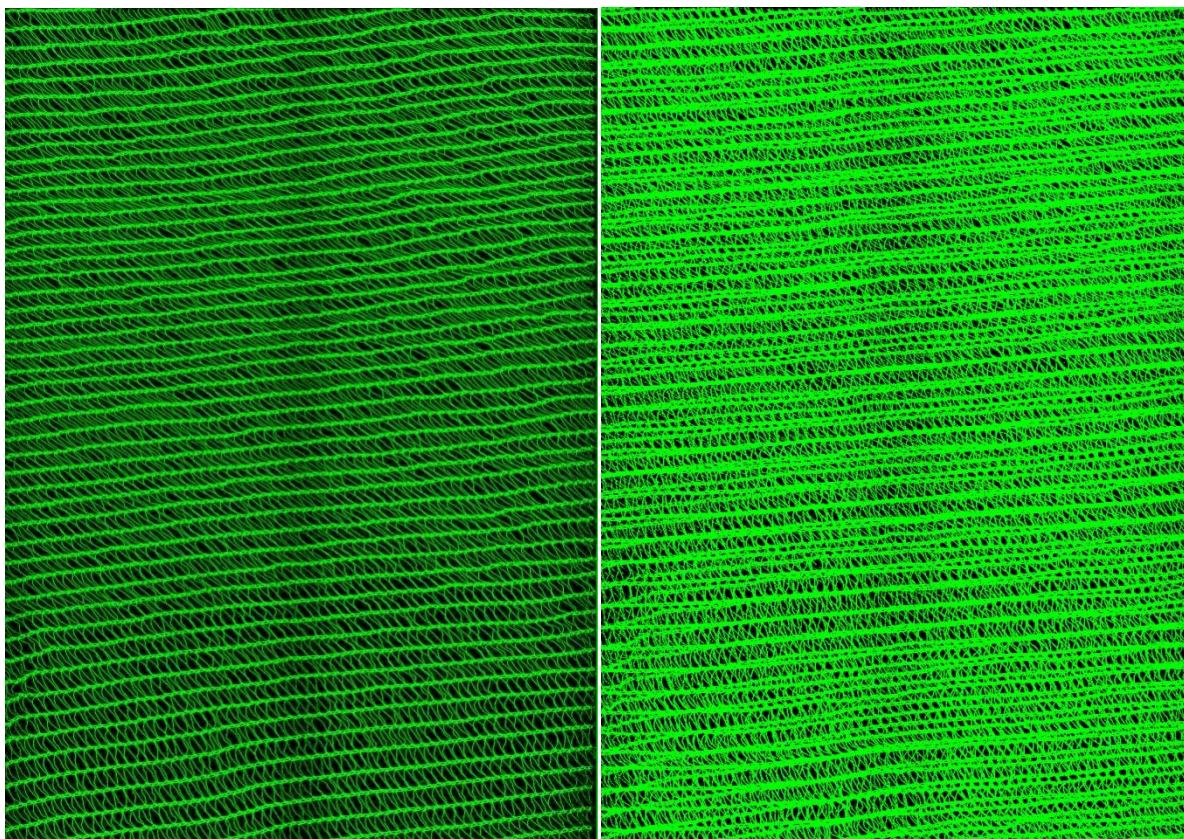


Figure 10: Photocopie d'une couche (à gauche) et de 2 couches (à droite) de l'écran utilisé (de type « filet anti-insectes ») qui permet d'apprécier visuellement la « porosité » de l'écran selon le nombre de couches superposées

### 3.2.6. Modalités d'essai en tunnel

Cinq modalités ont été testées (une seule mesure effectuée en tunnel par modalité):

Tableau 8: Caractéristiques des écrans de chaque essai

Essai N°	Type d'écran testé	Caractéristiques
1	Essai sans barrière	néant
2	1 couche de filet type anti-insectes	porosité d'environ 70% taille des mailles (0.6cm*0.4 cm) masse de 38g/m <sup>2</sup>
3	2 couches de filet type anti-insectes	porosité d'environ 60% masse de 76 g/m <sup>2</sup>
4	3 couches de filet type anti-insectes	porosité d'environ 50% masse de 114 g/m <sup>2</sup>

### 3.3. Résultats des essais en tunnel

Deux types de résultats ont été obtenus grâce à ces essais :

- a) L'effet d'un écran (plus ou moins poreux) sur la vitesse du vent (taux de réduction en fonction de l'écran mais aussi de la distance par rapport à l'écran)
- b) L'effet d'un écran (plus ou moins poreux) sur l'interception des gouttes.

#### 3.3.1. Résultats des essais sur la vitesse du vent

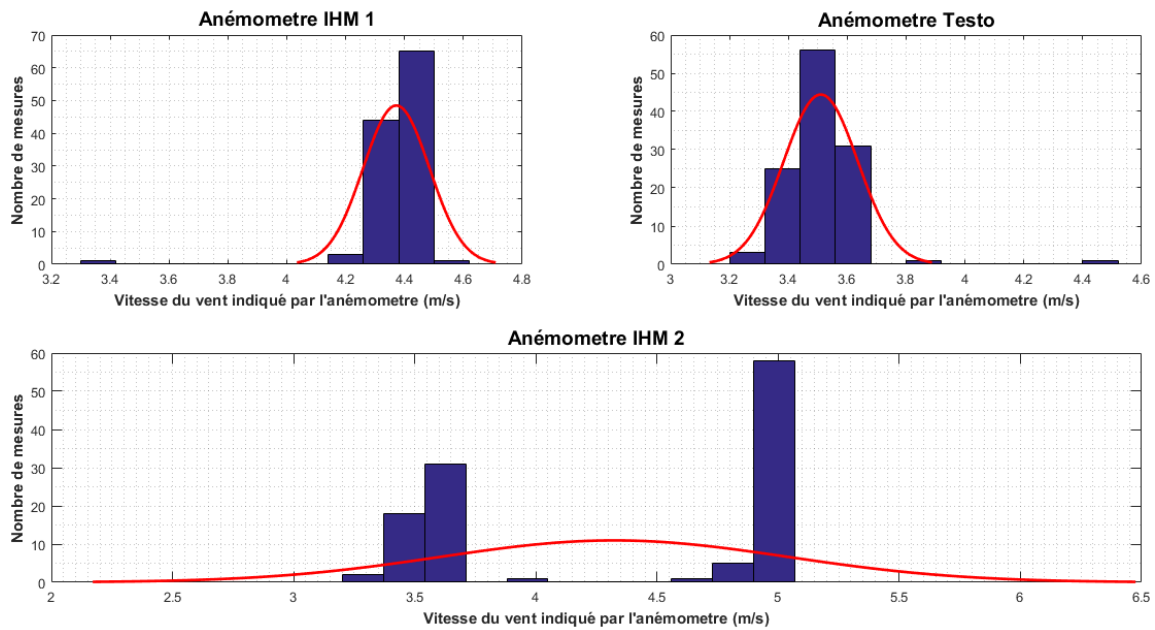
L'utilisation de trois anémomètres, qui indiquent des valeurs significativement différentes pour même endroit à un même moment, a conduit à l'utilisation d'une vitesse relative pour pouvoir comparer les mesures entre elles. Ainsi, 114 mesures ont été réalisées en tunnel pour chaque anémomètre au « même » endroit au « même » moment, et par conséquent dans les mêmes conditions. Ces mesures sont effectués en absence de filet et à 40 cm du chemin emprunté par la buse lors de ses allers-retours. Les anémomètres ont été placés sur un dispositif (figure 11) afin que les mesures des trois appareils soient réalisées en même temps.



Figure 11: Photographie du dispositif avec lequel les mesures ont été effectuées. Les flèches orange indiquent où étaient placées les sondes à hélices des anémomètres.

L'analyse de ces mesures de la vitesse du vent montre une répartition de ces mesures en fonction de l'appareil utilisé. Aucun des appareils n'a engendré de courbes de répartition des mesures qui puissent être considérées comme normales. La figure 12 montre les distributions de mesures en fonction de l'anémomètre. Il apparaît que deux des trois appareils (IHM1 et Testo) présentent une distribution acceptable, permettant de déterminer une médiane. L'utilisation de la médiane est ici plus pertinente, car cela permet de réduire l'importance des valeurs extrêmes. Les analyses seront effectuées sur base des mesures de ces deux anémomètres.

Les mesures relatives sont obtenues en prenant la médiane des mesures pour chaque appareil. Cette médiane indique la vitesse de vent sans obstacle la plus probable. Les mesures effectuées par les anémomètres sont divisés par leur médiane correspondante. Ce calcul permet d'exprimer les résultats en fonction de la réduction (ou augmentation) de la vitesse rencontrée lors des essais. Une vitesse relative supérieure à 1 traduira une accélération du courant de l'air, tandis qu'une valeur inférieure à 1 traduira une diminution de vitesse. L'objectif de l'essai étant de mesurer la réduction induite par la présence d'écrans, cette grandeur correspond aux objectifs.



**Figure 12: Courbes de répartition des mesures de vitesse du vent selon les trois anémomètres**

Cependant l'analyse des résultats des deux anémomètres IHM1 et Testo indique que, même exprimés en vitesse relative, ces deux appareils donnent des résultats significativement différents. Une analyse du graphique produit par les mesures effectuées par l'anémomètre IHM1 ne permet pas de distinguer de comportement « typique ». Une défaillance de l'appareil, peut-être moins sensible aux variations, en serait à la cause.

L'analyse des résultats s'intéressera donc uniquement aux mesures de l'anémomètre Testo. La figure 12 présente les résultats des mesures pour celui-ci. Un total de 6 mesures a été effectué pour chaque distance (à 40 cm, 80 cm, ...) et la moyenne de ces mesures est utilisée pour la représentation graphique du comportement des différentes modalités.

Afin de standardiser la réduction de vitesse induite par chaque modalité, celle-ci est calculée à partir de la vitesse relative de 1, et non par rapport à la modalité sans filet. Globalement les comportements des différentes modalités se comportent logiquement. Le taux de réduction de la vitesse de l'air augmente avec le nombre de couches superposées de l'écran (ou « filet ») : les distributions obtenues pour les quatre modalités testées sont statistiquement différentes.

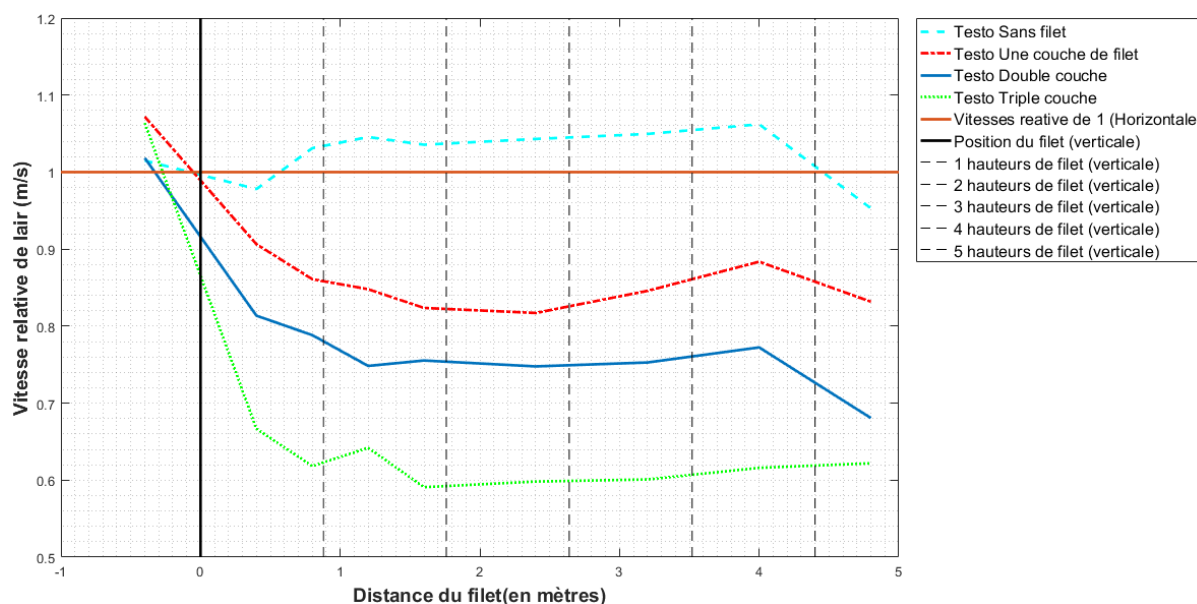


Figure 13: Graphique des moyennes des vitesses de vent relatives en fonction du nombre de couches de filet (mesures effectuées avec l'anémomètre Testo). Les lignes verticales pointillés indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 5 fois la hauteur H de l'écran)

Le tableau 9 montre le taux moyen de réduction de la vitesse du vent induit par les différentes modalités testés.

Tableau9 : Taux de réduction moyen de la vitesse du vent induit par les différentes modalités testées sur une distance d'environ 5,5 fois la hauteur H de l'écran placé dans le tunnel.

Modalité	Taux de réduction de la vitesse du vent
Une couche de filet	12%
Deux couches de filet superposées	21%
Trois couches de filet superposées	33%

### 3.3.2. Résultats de l'analyse des images de répartition des gouttes après l'écran

La répartition des gouttes après l'écran est fonction du nombre de couches de filet à insectes. Sur la figure14, nous pouvons apercevoir l'effet de chaque couche. Le comportement a été approximé par une polynomiale du dixième degré afin de pouvoir comparer visuellement les différentes modalités. Les tracés de la figure 14 sont exprimés en pourcentage de pixels noirs en fonction de la distance, exprimés en centimètres et en distance relative (1H = hauteur du filet = 88cm).

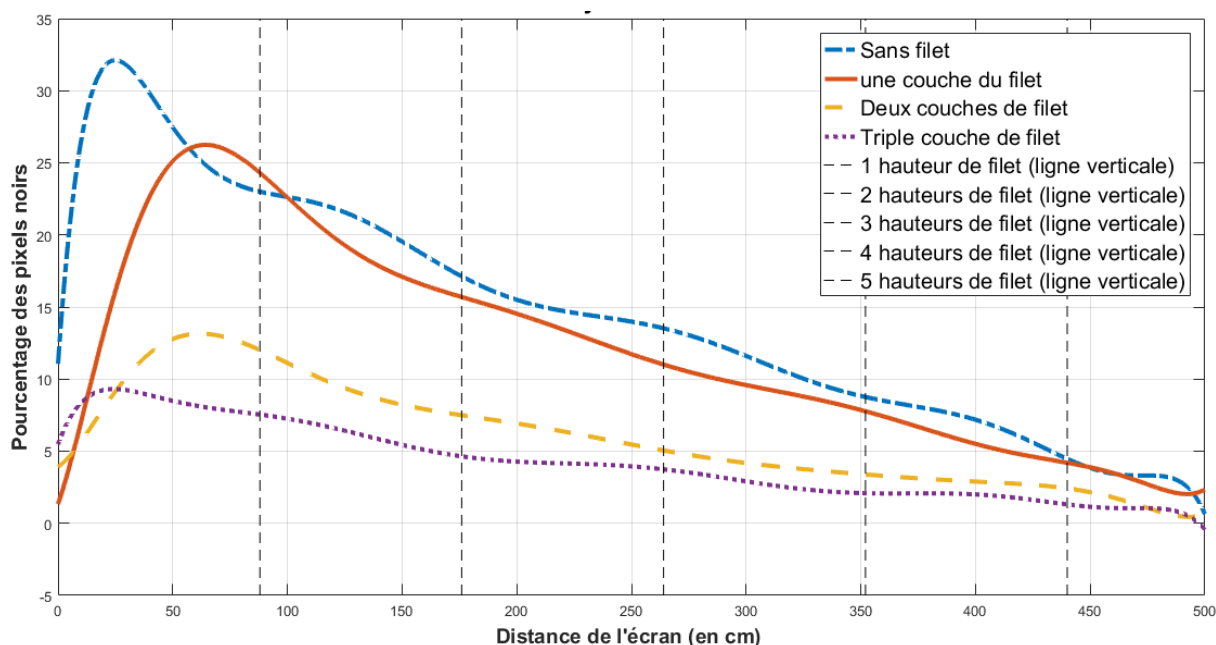


Figure 14: Graphique des polynômes (du 10<sup>ème</sup> degré) approximant la répartition des gouttes d'encre après l'écran. Les lignes verticales pointillées indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 5 fois la hauteur H de l'écran)

Les modalités double et triple couches de filet à insectes ne sont pas extrêmement différents en terme de rétention des gouttes sur l'écran (environ 10% de différence). L'utilisation d'une intégrale permet de quantifier le nombre de pixels noirs retrouvés après le filet pour chaque modalité sur une longueur de 5m et une largeur de 1000 pixels (soit environ 10 cm). De plus, la mesure des percentiles nous permet de voir à quelle distance (en cm et en H) on retrouve 25%, 50%, 75% et 90% des pixels noirs (tableau 9). La figure 15 montre la somme relative cumulée des pixels noirs pour chacune des modalités testées.

Tableau 10: Résultats des essais de pulvérisation d'encre noire dans le tunnel pour les modalités testées. La seconde colonne présente les résultats de l'intégration de l'aire en-dessous des courbes des polynômes présentes dans la figure 14. La troisième colonne présente la réduction du nombre de pixels noirs en pourcentage, induit par les différentes modalités (calculés par rapport à la modalité « sans filet »). Les quatre dernières colonnes montrent les distances (en cm et par rapport à H) auxquelles on retrouve 25, 50, 75 et 90% des pixels sur le papier collecteur.

Modalité	Résultat d'intégration sous la courbe	Réduction de la quantité d'encre (sans filet)	Percentile 25 du nombre de pixels noirs	Percentile 50 du nombre de pixels noirs	Percentile 75 du nombre de pixels noirs	Percentile 90 du nombre de pixels noirs
Sans filet	11,455*10 <sup>5</sup> pixels noirs	0%	66 cm 0,75 H	148 cm 1,68 H	262 cm 2,98 H	362 cm 4,12 H
Une couche de filet	7,2017*10 <sup>5</sup> pixels noirs	37%	80 cm 0,91 H	154 cm 1,75 H	263 cm 2,99 H	364 cm 4,14 H
Deux couches de filet superposées	4.7253*10 <sup>5</sup> pixels noirs	59%	73 cm 0,83 H	145 cm 1,65 H	254 cm 2,90 H	364 cm 4,14 H

<b>Trois couches de filet superposées</b>	3,3182*10 <sup>5</sup> pixels noirs	71%	63 cm 0,72 H	135 cm 1,55 H	248 cm 2,82 H	355 cm 4,04 H
---	-------------------------------------	-----	-----------------	------------------	------------------	------------------

Dans le tableau 9, on remarque que l'augmentation du nombre de couches de filet (ou une diminution de porosité) augmente le pourcentage de réduction de la quantité de gouttes retrouvées après le filet. Autrement dit, l'interception des gouttes est d'autant plus importante que la porosité diminue (ou que le nombre de couches de filet augmente). L'effet d'interception est surtout visible quand la porosité atteint 50 à 60% (2 à 3 couches de filet).

La figure 15, montre un comportement similaire des courbes des sommes cumulées des pixels noirs des différentes modalités. Ceci traduit une répartition des gouttes qui ont traversé le filet. Elle est fonction de leur diamètre (de leur masse). L'écran diminue la vitesse de l'air juste après lui et les gouttes les plus fines ne sont pas transportées plus loin. Ce qui pourrait expliquer pourquoi, quelle que soit la modalité, la répartition des gouttes en fonction de la distance ne dépend que de leur diamètre.

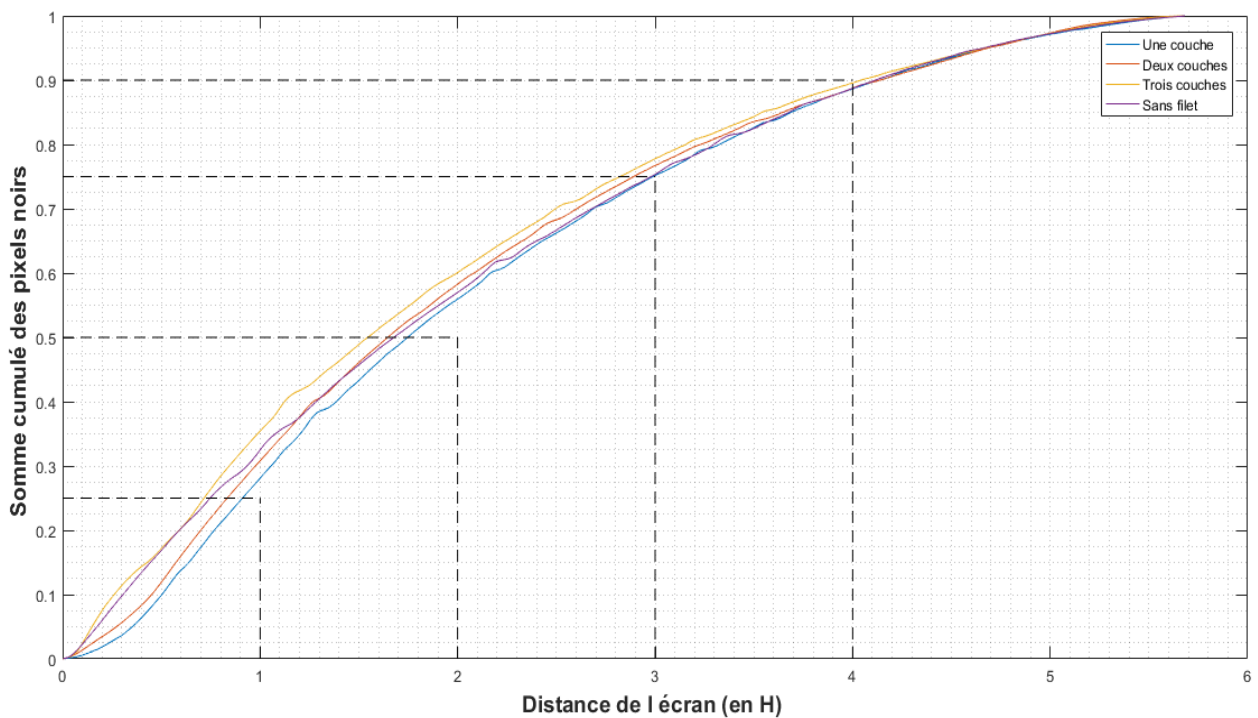


Figure 15: Somme relative cumulée des pixels noirs pour chaque modalité en fonction de la distance. Les lignes verticales pointillées indiquent la distance de mesure exprimée par rapport à la hauteur du filet (1 fois jusqu'à 4 fois la hauteur H de l'écran)

En conclusion de ces essais préliminaires en tunnel, l'effet d'un écran se marque sur la vitesse du vent et sur la quantité de gouttelettes qui traversent l'écran, mais l'efficacité d'un écran de protection dépendra de sa porosité. Cette efficacité diminue avec la distance par rapport à l'écran.

## Chapitre 4. Les essais en champ sur la dérive

---

### 4.1. Objectif de l'essai

L'objectif de ces essais est de quantifier la dérive de pulvérisation dans différentes conditions (type de buse, vitesse du vent et autres paramètres atmosphériques) afin de voir leur influence sur la dérive. L'objectif est notamment de tester diverses buses qui permettent en principe en réduire la dérive, mais aussi de déterminer l'efficacité d'un écran. Pour pouvoir multiplier les essais et les mesurer rapidement, il a été décidé d'utiliser une bouillie contenant un traceur coloré facile à quantifier par colorimétrie.

### 4.2. Matériel et méthodes

#### 4.2.1. La parcelle

Les essais de mesure de la dérive avec la tartrazine sont réalisés sur une parcelle de froment d'environ 1 ha, située sur les terres sur CRA-W à Gembloux. Sur une certaine longueur d'un des bords de la parcelle est installé un écran de type « anti-insectes » (tel que testé en tunnel). Cet écran a une hauteur de 2 m et une longueur de 50 m (figure 16). Le bord de la parcelle est divisé en 2 parties : une partie libre d'écran, une partie bordée par un écran.

Les résultats obtenus lors des essais en tunnel ainsi qu'une discussion avec l'ISSEP nous ont fait choisir la modalité « double couche » de l'écran de type filet « anti-insectes » pour la conduite des essais. Cet écran possède une porosité de 60% et une réduction de la vitesse du vent d'environ 21 % (paramètres déterminés dans les essais en tunnel).

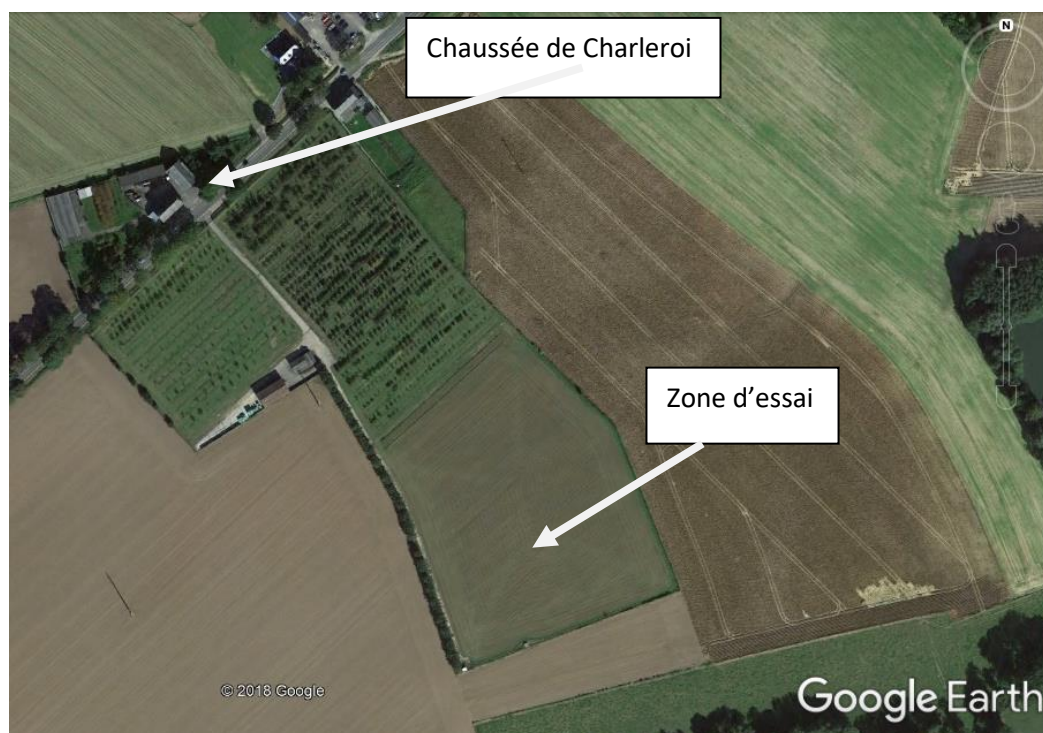


Figure 16 : Carte montrant l'emplacement de la parcelle utilisée pour les essais sur la dérive de pulvérisation (Gembloux)

#### 4.2.2. Le traceur utilisé

Un colorant alimentaire (E102 ou tartrazine) a été utilisé en raison de sa non-toxicité et de la possibilité d'extraire et de mesurer les dépôts par colorimétrie. Cette méthode a été utilisée par de nombreux auteurs pour mesurer les dépôts de gouttelettes (ex. Gil *et al.*, 2015). Une bouillie de tartrazine (DOUCY®) à 15 g/L en mélange avec du Trend 90(mouillant, numéro d'autorisation : 9002P/B) à 100 ml/100L (0,1%) est pulvérisée à raison de 200 L/ha à une pression de 3 bars, à une hauteur rampe de 100 cm et à une vitesse aux alentours de 12 km/h à l'aide d'une rampe de 24 mètres de long.

#### 4.2.3. Les collecteurs

Les collecteurs utilisés pour ces essais sont composés de rectangles de 15 cm x 40 cm de tissu Miracloth (CALBIOCHEM®) agrafés sur un support en carton. Sur chaque support, deux morceaux de tissus sont installés pour obtenir une surface totale de 1200 cm<sup>2</sup> (la surface minimale devant être supérieure à 1000 cm<sup>2</sup> au point de mesure selon la norme ISO22866).

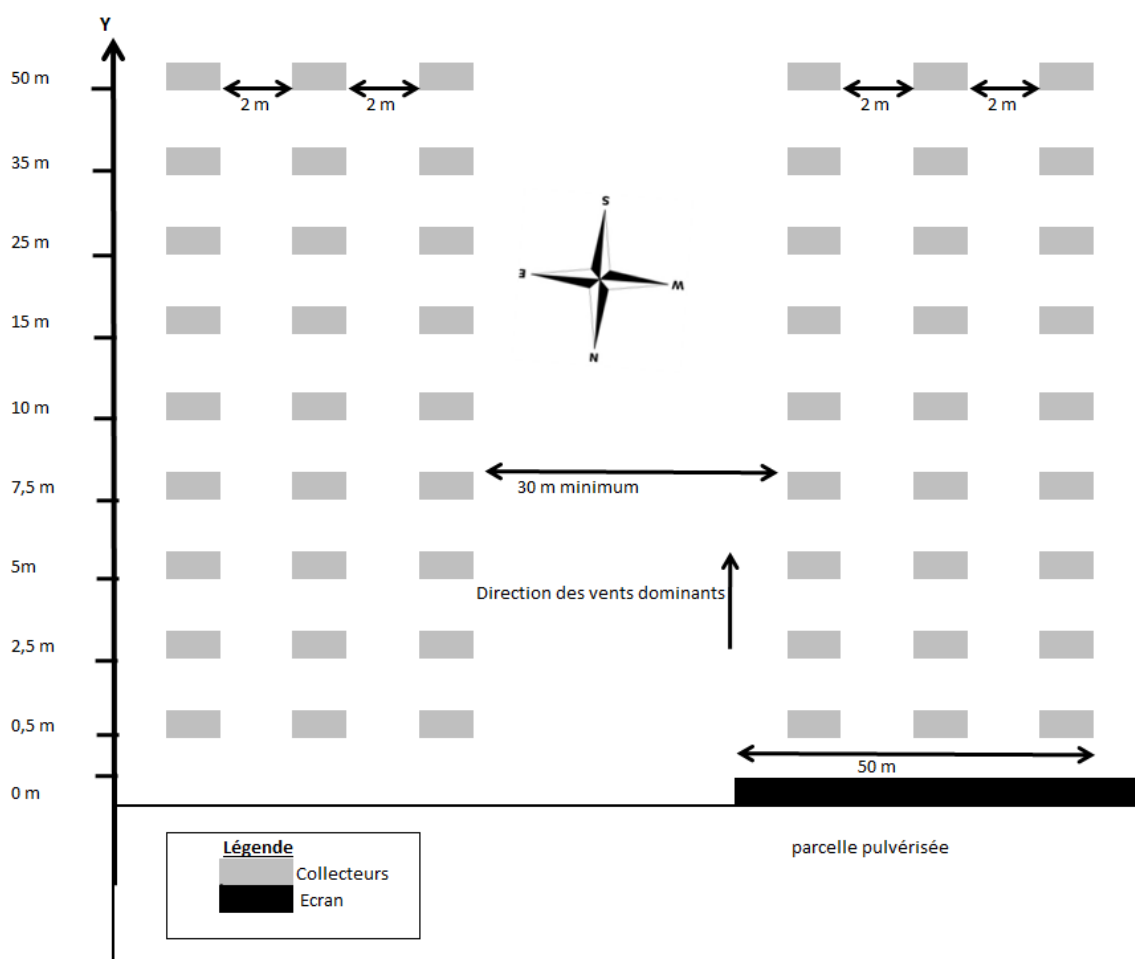


Figure 17: Schéma (non mis à l'échelle) du dispositif expérimental utilisé lors des essais sur la dérive de pulvérisation, avec et sans écran (0 m = bord du champ, soit 1 m du point d'émission)

Les collecteurs sont placés dans le champ, au sol et horizontalement. Ils sont placés, sur trois lignes parallèles écartées de 2 m, à une distance de 0,5 m ; 2,5 m ; 7.5 m, 10 m, 15 m, 25 m, 35 m, 50 m par rapport au bord extrême du champ, le point d'émission (l'extrémité du pulvérisateur) se trouvant à un mètre de la bordure du champ. Les collecteurs sont disposés en partie derrière la bordure sans

écran et en partie derrière l'écran, selon l'agencement montré à la figure 17. Les deux groupes de collecteurs sont séparés de 30 m pour éviter les interférences.

#### 4.2.4. Mesures des conditions météorologiques

Lors de l'expérience, les variables météorologiques sont mesurées et enregistrées en continu. Il s'agit de la vitesse et de la direction du vent, de la température et de l'humidité de l'air. Pour effectuer ces mesures, une station météorologique a été installée par le CRA-W sur la parcelle. Par rapport à la situation géographique de la parcelle, le vent devait venir principalement du Nord (vents dominants Nord-Sud, comme indiqué sur la figure 16).

#### 4.2.5. Les modalités testées

Lors de ces essais, trois modalités sont testées. Ces modalités sont : la présence ou non d'un écran, la capacité réductrice des buses sur la dérive et le moment de la pulvérisation (matinée ou après-midi, soit des conditions climatiques différentes). Trois types de buses sont utilisés lors des essais : (0% ; 50% et 75% de réduction de la dérive).

Tableau 8 : Tableau présentant les caractéristiques de chacun des essais réalisés, avec les types de buses testées

N° essai	Type de buse employée	% de réduction visé	Moment d'application
Essai 1	Nozal AFR (buse à fente conventionnelle) calibre 04 ; angle 110°	0% de réduction	Début de matinée (9h20)
Essai 2	Nozal ADX (buse à fente à aspiration d'air, basse pression) calibre 04 ; angle 110°	50% de réduction	Début de matinée (9h40)
Essai 3	Albuz AVI (buse à fente à aspiration d'air, haute pression), calibre 04 ; angle 110°	75% de réduction	Début de matinée (10h00)
Essai 4	Nozal AFR (buse à fente conventionnelle) calibre 04 ; angle 110°	0% de réduction	Début d'après midi (13h45)
Essai 5	Nozal ADX (buse à fente à aspiration d'air, basse pression) calibre 04 ; angle 110°	50% de réduction	Début d'après midi (14h00)
Essai 6	Albuz AVI (buse à fente à aspiration d'air, haute pression), calibre 04 ; angle 110°	75% de réduction	Début d'après midi (14h20)

#### 4.2.6. Analyse des dépôts de la dérive

Les collecteurs sont récoltés directement après l'expérience et empilés les uns sur les autres avec un sac plastique séparant les différents cartons afin d'éviter toute contamination. Lors de chaque expérience, un certain volume de la bouillie est prélevé au moment de la pulvérisation. Cet aliquote sert à quantifier la concentration réelle en tartrazine dans la bouillie.

Les collecteurs sont ramenés au laboratoire, les tissus sont alors détachés et placés, sans découpage, dans des tubes Falcon avec 30 ml d'eau déminéralisée. Chaque morceau de tissu (complet) est placé dans un tube Falcon. Il y a deux morceaux de tissu par collecteur et trois répétitions (trois lignes de collecteurs) : un total de six mesures par distance est donc obtenu.

L'analyse du dépôt se fait par colorimétrie (NANOCOLOR<sup>®</sup> 500D, longueur d'onde : excitation 436 nm). Pour déterminer le bruit de fond, une collection de blancs (eau déminéralisée avec du tissu Miracloth) sont aussi analysés (absorbance moyenne des blancs=0,0132). La limite de détection a été définie comme égale à 3 fois l'écart-type des blancs, soit 0,021. Cette limite de détection se voit soustraite à l'absorbance lue sur le colorimètre, afin d'obtenir l'absorbance réelle utilisée pour calculer les concentrations des échantillons (en mg/ml). Lors de chaque série (jour) de mesures, une droite d'étalonnage a été réalisée à l'aide de 12 solutions étalons. Les équations des droites d'étalonnage, avec leurs coefficients de détermination, obtenues avec le programme Matlab sont données au tableau 12.

Tableau 12 : Droites d'étalonnage utilisées et coefficients de détermination de chaque série de mesures.

Série de mesures	Equations des droites d'étalonnage	Coefficient de détermination (r <sup>2</sup> )
N°1 : 22 mai 2018	Concentration = 0,023815*Absorbance réelle + 0,000065532	0,995
N°2 : 23 mai 2018		
N°3 : 25 mai 2018	Concentration = 0,023134*Absorbance réelle + 0,0004359	0,997
N°4 : 28 mai 2018	Concentration = 0,023318*Absorbance réelle + 0,00029505	0,998
N°5 : 3 Juin 2018	Concentration = 0,023097*Absorbance réelle + 0,00037585	0,998

Les quantités de tartrazine récoltés par unité de surface (mg/m<sup>2</sup>) aux différentes distances sont obtenues par calcul, à l'aide des droites de calibration, sur base des concentrations en tartrazine (en mg/ml) mesurées par colorimétrie dans les extraits aqueux (30 ml). Cette masse est rapportée au mètre carré en la multipliant par 8,3333 (10000 cm<sup>2</sup> divisé par 1200 cm<sup>2</sup>).

Le pourcentage de dérive a été calculé en exprimant le dépôt du à la pulvérisation par unité de surface d'un tissu (1 m<sup>2</sup>) en pourcentage de la quantité théorique de tartrazine appliquée dans la parcelle par unité de surface. La quantité appliquée lors d'un essai (1485,12 g de tartrazine) a été obtenue en utilisant la longueur de la rampe (24 mètres), la distance pulvérisée (100 mètres x deux passages), le volume de bouillie à l'hectare (200 L/ha) et la concentration en tartrazine dans la bouillie (15,47 g/L), le tout divisé par 10000 m<sup>2</sup> (1 hectare).

## 4.3. Résultats des essais en champs sur la dérive

### 4.3.1. Effet des buses anti-dérive

#### ► Essais du matin, sans écran, pour les 3 types de buses

Le tableau 13 et la figure 18 présentent les moyennes de % de dérive obtenues pour chacune des buses testées. Il s'agit des moyennes de six mesures obtenues par distance et pour la modalité « sans écran » des essais du matin.

Tableau 13: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essai du matin, sans écran) (m : moyenne avec son écart-type)

Distance (mètres)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse 0% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse50% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse75% (m ±σ)
0,5	13,23	0,89 ± 0,23	6,23	0,42 ± 0,21	3,27	0,22 ± 0,04
2,5	4,35	0,29 ± 0,06	2,24	0,15 ± 0,03	1,38	0,09 ± 0,02
5	2,14	0,14 ± 0,06	1,15	0,08 ± 0,02	1,11	0,07 ± 0,02
7,5	1,63	0,11 ± 0,04	0,78	0,05 ± 0,03	1,00	0,07 ± 0,02
10	1,17	0,08 ± 0,02	0,57	0,04 ± 0,02	0,99	0,07 ± 0,03
15	0,77	0,05 ± 0,01	0,35	0,02 ± 0,02	0,68	0,05 ± 0,005
25	0,47	0,03 ± 0,01	0,07	0,004 ± 0,002	1,12	0,04 ± 0,01
35	0,38	0,03 ± 0,01	0,04	0,003 ± 0,003	0,53	0,04 ± 0,02
50	0,37	0,03 ± 0,01	0,12	0,008 ± 0,003	0,10	0,006 ± 0,004

La figure 18 présente les % de dérive en fonction de la distance au point d'émission sur 50m depuis le bord du champ.

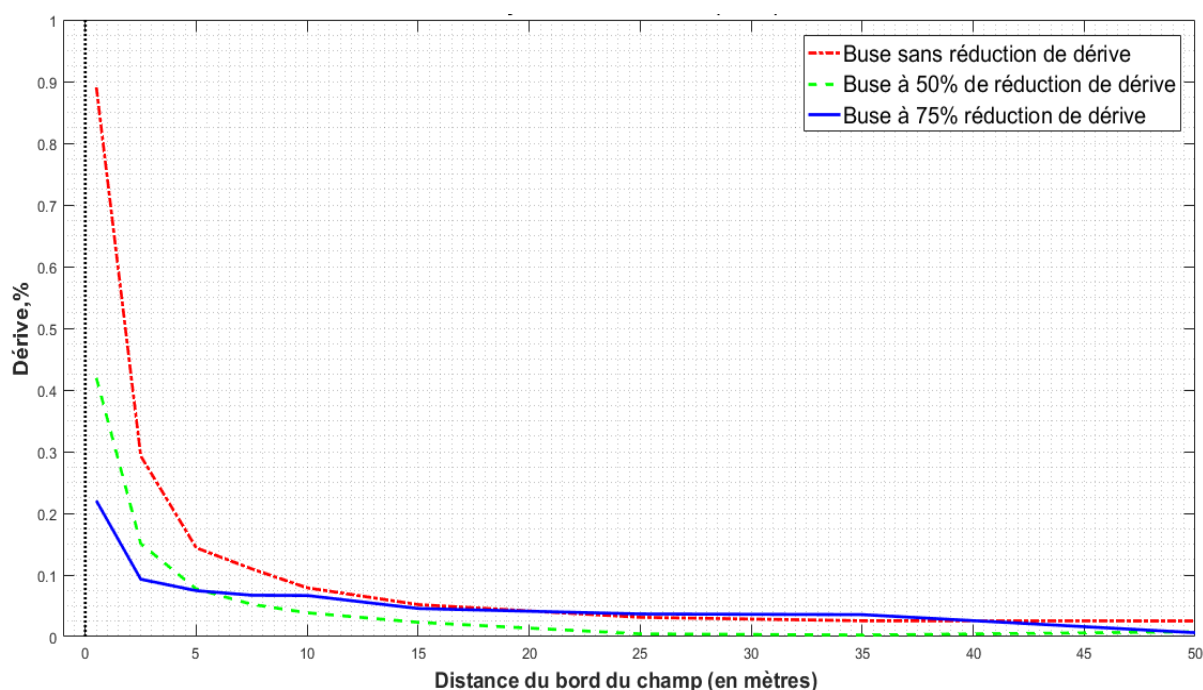


Figure 18 : Graphique représentant les moyennes du pourcentage de dérive des différentes buses, sur 50m de distance après le bord du champ (ligne horizontale en pointillé) (essais du matin, sans écran)

Une différence significative apparaît entre les trois types de buses testés. Cette différence se fait essentiellement sur les premiers mètres (entre 10 à 15 m) après le point d'émission. Comme attendu, la réduction de la dérive est plus importante avec l'utilisation des buses à 75% et 50%, qu'avec la buse 0%. Cette réduction est significative pour les buses conçues pour diminuer la dérive.

La figure 18 montre que la différence entre les buses se fait sur les premiers mètres après le point d'émission. Les pourcentages de dérive se trouvent en dessous du seuil des 1% de la quantité appliquée. Il s'agit de valeurs de dérive faibles. Une comparaison de ces résultats à ceux de différentes études réalisées par Nuyttens et al. (2007) indique que ces valeurs peuvent varier d'un

facteur 10 en fonction des conditions météorologiques, des techniques d'application et du type de culture.

Pour la suite des analyses nous nous focaliserons sur les 7,5 premiers mètres étant donné qu'il est prévu de rendre obligatoire la présence d'une bande tampon de 6 mètres pour protéger les riverains. La figure 19 présente les moyennes du tableau 13, pour les 7,5 premiers mètres.

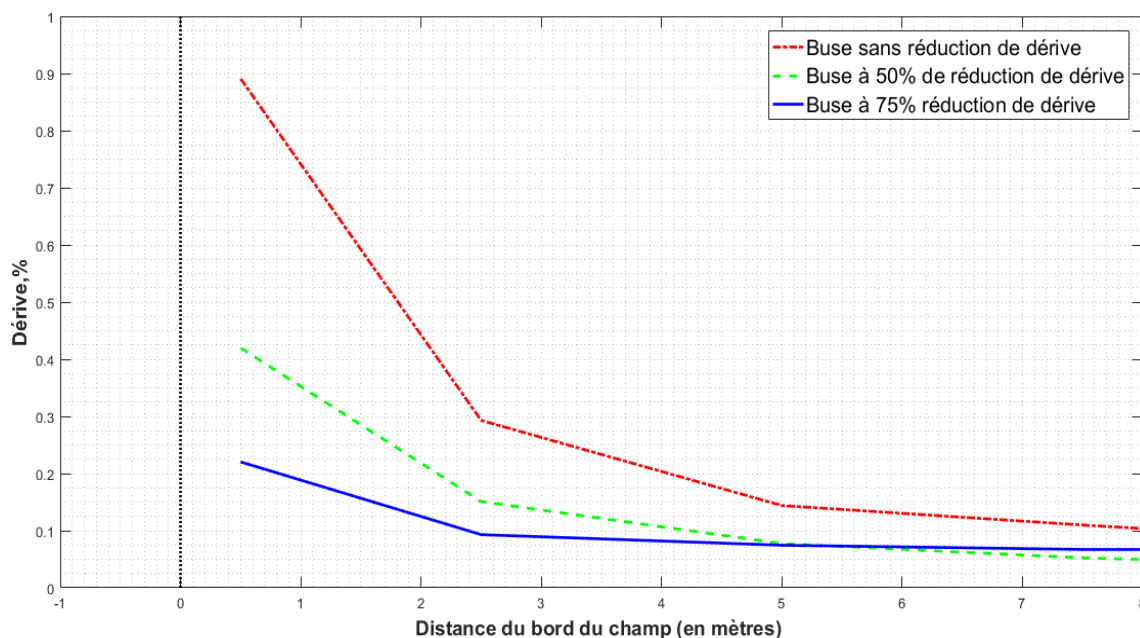


Figure 19: Graphique représentant les moyennes du pourcentage de dérive des différentes buses sur 7,5m de distance après le bord du champ. La ligne verticale représente le bord du champ (0 m).

Le tableau 14 présente les moyennes de la dérive sur les 7,5 premiers mètres. Ce tableau confirme que les buses 75% et 50% ont un effet notable sur la réduction de la dérive. Mais il montre aussi que ces deux buses ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre lorsque l'on regarde les moyennes sur les 7,5 m après le bord du champ.

Tableau 14 : Moyennes de dérive (en % ; n = 6) pour chacune des buses testé sur une distance de 7,5m après le bord du champ (essai du matin, sans écran). Les moyennes avec un même exposant (a) ne sont pas significativement différentes.

	Buse 0%	Buse 50%	Buse 75%
Moyennes de la dérive sur 7,5 m	0,376	0,185 <sup>a</sup>	0,1205 <sup>a</sup>
Réduction obtenue par rapport à la buse 0%	0%	50%	68%

Le tableau 14 présente aussi les taux de réduction de dérive des buses (par rapport à la buse 0%). La buse 50% a un impact sur la réduction de la dérive conforme à ce qui est attendu. Tandis que la buse 75% à un impact de réduction sur la dérive légèrement inférieur à ce qui est attendu.

► **Essais du matin, avec écran, pour les 3 types de buses**

Le tableau 15 présente les moyennes de % de dérive obtenues pour chacune des buses testées. Il s'agit des moyennes de six mesures obtenues par distance et pour la modalité « avec écran » des essais du matin.

Tableau 15: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essai du matin, avec écran) (m : moyenne avec son écart-type)

Distance (mètres)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse 0% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse50% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse75% (m ±σ)
0,5	7,55	0,51± 0,08	8,67	0,58±0,156	2,75	0,18± 0,05
2,5	3,12	0,21± 0,04	1,80	0,12± 0,03	0,85	0,057± 0,02
5	1,53	0,10± 0,01	0,75	0,05± 0,03	0,42	0,028± 0,006
7,5	1,34	0,09± 0,03	0,49	0,03± 0,01	0,25	0,017± 0,004
10	1,14	0,08± 0,02	0,44	0,03 ± 0,02	0,15	0,010± 0,004
15	0,69	0,05± 0,005	0,26	0,017± 0,004	0,18	0,012± 0,003
25	0,62	0,04± 0,02	0,33	0,022± 0,015	0,13	0,009± 0,006
35	0,49	0,03± 0,007	0,29	0,019± 0,008	0,15	0,01 ± 0,006
50	0,36	0,02± 0,008	0,37	0,025±0,006	0,08	0,006± 0,003

► **Essais de l'après-midi, sans écran, pour les 3 types de buses**

Le tableau 16 présente les moyennes de % de dérive obtenues pour chacune des buses testées. Il s'agit des moyennes de six mesures obtenues par distance et pour la modalité « sans écran » des essais de l'après-midi.

Tableau 16: Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essais de l'après-midi, sans écran) (m : moyenne avec son écart-type)

Distance (mètres)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse 0% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse50% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse75% (m ±σ)
0,5	0,025	0,21 ± 0,09	0,065	0,54± 0,40	0,48	3,99± 2,20
2,5	0,031	0,26± 0,10	0,033	0,27± 0,09	0,19	1,58± 0,90
5	0,032	0,27 ± 0,09	0,029	0,24± 0,16	0,08	0,67± 0,16
7,5	0,031	0,26 ± 0,10	0,063	0,52± 0,28	0,05	0,44 ± 0,10
10	0,032	0,26± 0,14	0,025	0,21± 0,02	0,035	0,29± 0,07
15	0,028	0,24± 0,05	0,017	0,14± 0,06	0,03	0,24± 0,06
25	0,022	0,18± 0,05	0,027	0,23± 0,10	0,02	0,20± 0,04
35	0,021	0,17± 0,02	0,038	0,31± 0,20	0,025	0,21± 0,06
50	0,031	0,25± 0,20	0,035	0,29± 0,10	0,011	0,09± 0,04

► **Essais de l'après-midi, avec écran, pour les 3 types de buses**

Le tableau 17 présente les moyennes de % de dérive obtenues pour chacune des buses testées. Il s'agit des moyennes de six mesures obtenues par distance et pour la modalité « avec écran » des essais de l'après-midi.

Tableau 17 : Moyennes (n=6) des pourcentages de dérive pour les différents types de buses testés en fonction de la distance du bord du champ (essais de l'après-midi, avec écran) (m : moyenne avec son écart-type)

Distance (mètres)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse 0% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse50% (m ±σ)	Dépôts moyens de tartrazine mg/m <sup>2</sup>	Dérive en % Buse75% (m ±σ)
0,5	0,042	0,35±0,10	0,047	0,54± 0,27	0,32	2,67 ± 1,00
2,5	0,045	0,38 ± 0,05	0,024	0,27± 0,11	0,08	0,68± 0,10
5	0,053	0,44± 0,05	0,018	0,24± 0,05	0,05	0,45± 0,10
7,5	0,03	0,25± 0,08	0,02	0,52± 0,07	0,03	0,26± 0,10
10	0,029	0,24± 0,08	0,026	0,21± 0,02	0,035	0,29± 0,06
15	0,026	0,22± 0,03	0,013	0,14± 0,06	0,025	0,21± 0,60
25	0,032	0,26± 0,30	0,013	0,23 ± 0,06	0,02	0,16± 0,05
35	0,016	0,13± 0,04	0,01	0,31± 0,07	0,02	0,19 ± 0,05
50	0,03	0,25± 0,10	0,021	0,29± 0,08	0,046	0,38± 0,15

#### 4.3.2. Analyse de l'effet d'un écran sur la dérive

Le tableau 18 présente les moyennes de la dérive engendré par les 3 types de buses, selon la modalité «avec écran» et «sans écran». Il s'agit des moyennes des 18 mesures (6 mesures par type de buse).

Tableau 18: Moyennes (n=18) des pourcentages de dérive pour les modalités « avec » et « sans écran », toutes buses confondues (essais du matin).

Distance du bord du champ (mètres)	Moyenne de dérive (en %) avec écran	Moyenne de dérive (en%)sans écran
0,5	0,43± 0,20	0,51± 0,34
2,5	0,13± 0,07	0,18± 0,01
5	0,06± 0,04	0,10 ± 0,05
7,5	0,05± 0,04	0,08 ± 0,04
10	0,04± 0,03	0,06± 0,03
15	0,02 ± 0,02	0,04± 0,02
25	0,02 ± 0,02	0,02± 0,02
35	0,02± 0,02	0,02± 0,02
50	0,02 ± 0,01	0,01± 0,01

La figure 20 présente les résultats du tableau 18. La présence de l'écran n'a pas d'effet significatif sur la réduction de la dérive. Cependant il s'agit de moyennes des trois buses. Par la suite, nous analyserons l'effet de l'écran pour chaque type de buse, et sur une distance de 7,5 mètres après le bord du champ.

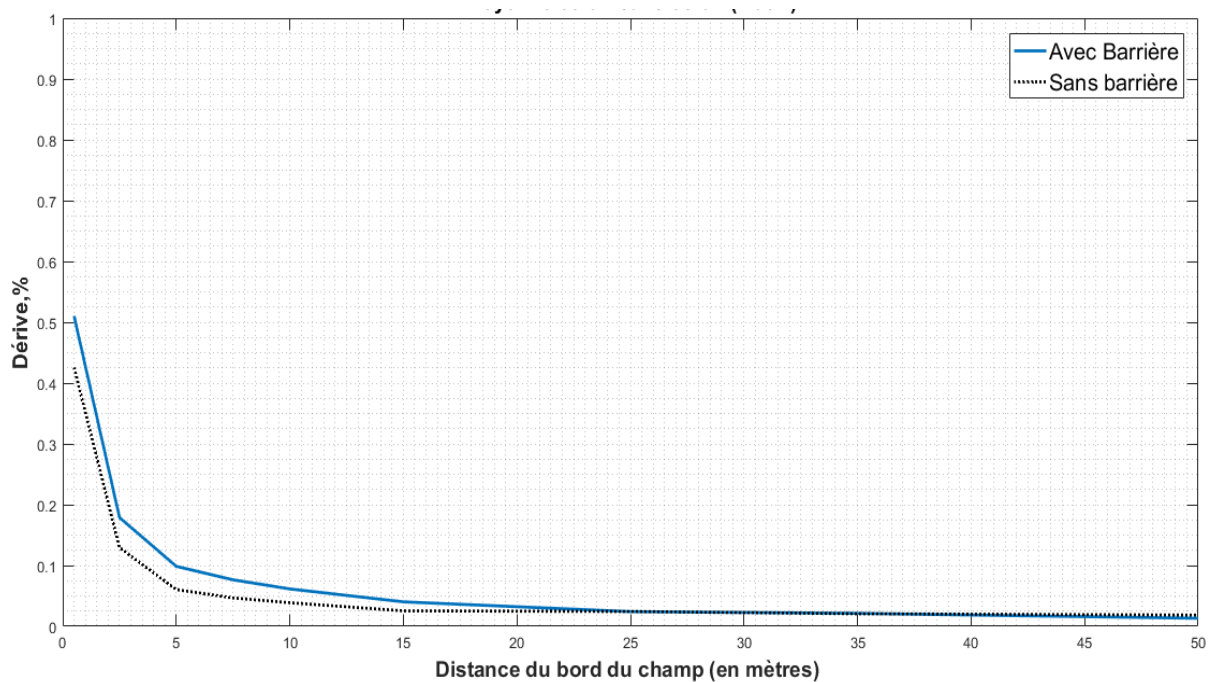


Figure 20: Graphique représentant les moyennes de la dérive, selon les modalités « avec écran » et « sans écran ». (Essai du matin)

Le tableau 19 présente les moyennes de chaque distance pour la buse 0% selon les modalités « avec écran » et « sans écran » lors de l'essai du matin (a.m.).

Tableau 19 : Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 0% sous les modalités « sans écran » et « avec écran » (essais du matin)

Distance du bord du champ (mètres)	Moyenne de dérive (en%) sans écran : buse 0%	Moyenne de dérive (en%) avec écran : buse 0%
0,5	0,89	0,51
2,5	0,29	0,21
5	0,14	0,10
7,5	0,11	0,09

La figure 21 présente les résultats du tableau 19. L'écran a un effet sur la diminution de la dérive, notamment sur les premiers mètres après celui-ci. Cependant l'effet n'est pas significatif sur les 7,5m après l'écran.

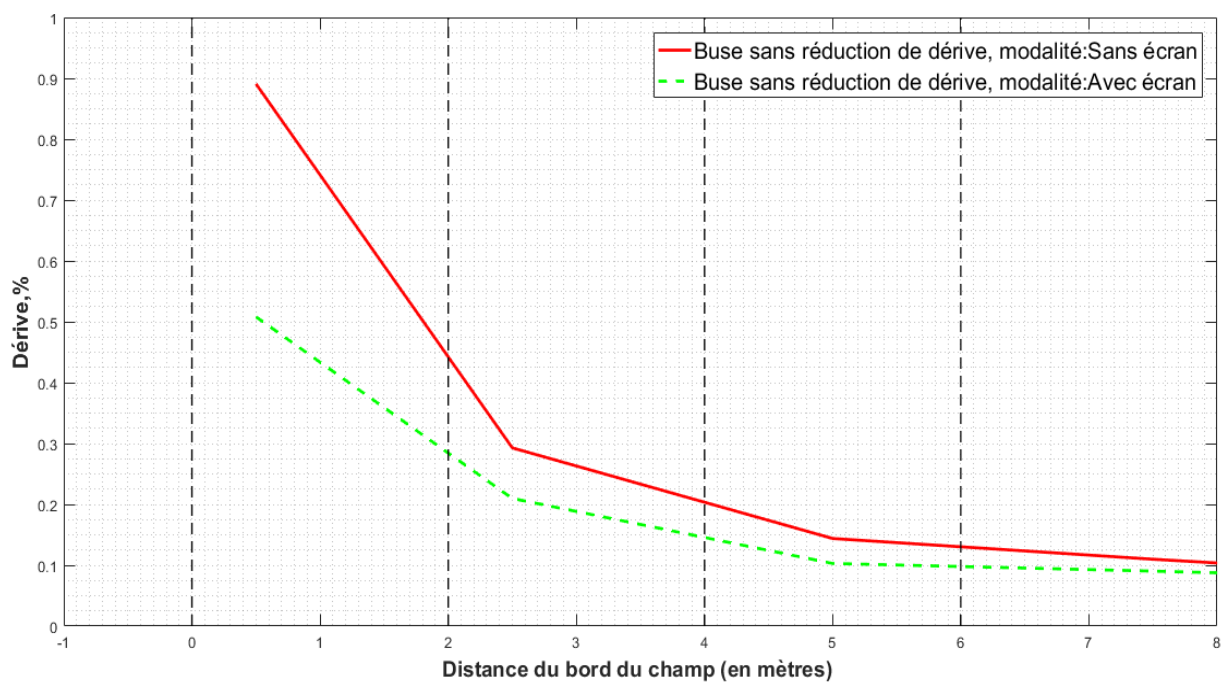


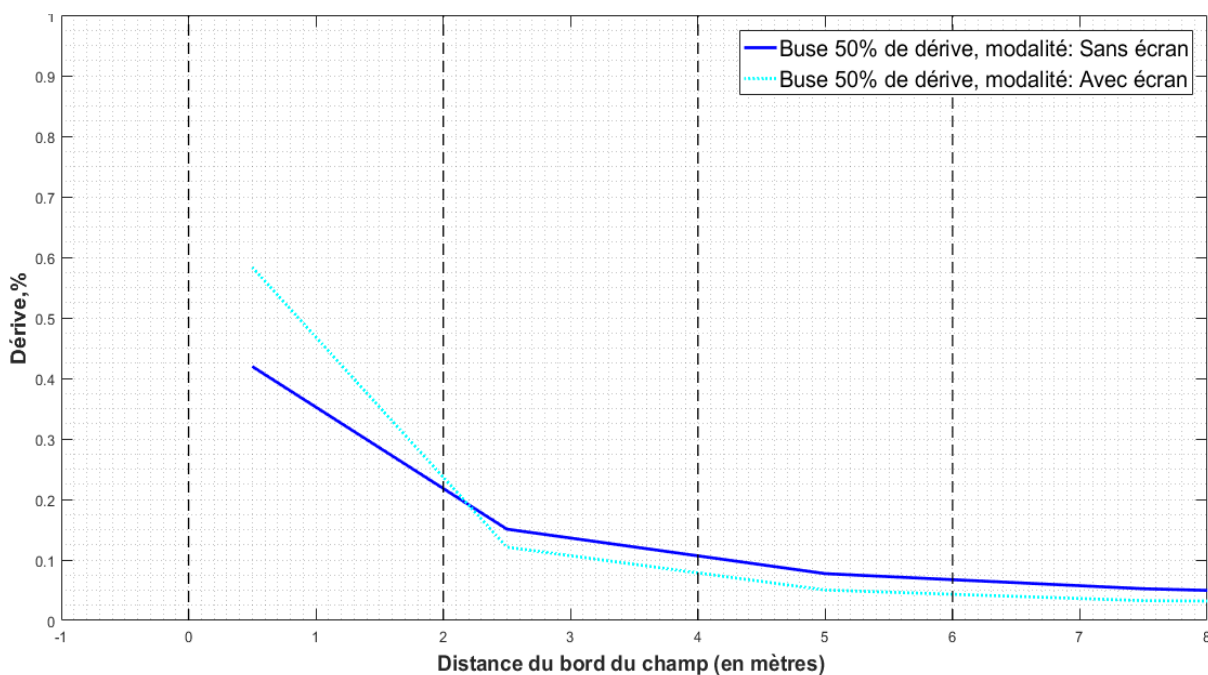
Figure 21 : Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 0%.

Le tableau 20 présente les moyennes de chaque distance pour la buse 50% selon les modalités « avec écran » et « sans écran » lors de l'essai du matin (a.m.).

Tableau 20: Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 50% sous les modalités « sans écran » et « avec écran » (essais du matin)

Distance du bord du champ (mètres)	Moyenne de dérive (en%) sans écran : buse 50%	Moyenne de dérive (en%) avec écran : buse 50%
0,5	0,58	0,42
2,5	0,12	0,15
5	0,05	0,08
7,5	0,03	0,05

La figure 22 présente les résultats du tableau 20. Dans ce cas-ci (buse 50%), l'écran n'a pas d'effet significatif sur la réduction de la dérive sur les 7,5m après celui-ci.



**Figure 22 : Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 50%**

Le tableau 21 présente les moyennes de chaque distance pour la buse 75% selon les modalités « avec écran » et « sans écran » lors de l'essai du matin (a.m.).

**Tableau 21 : Moyennes des dérives (en%) engendrées par la buse 75% sous les modalités « sans écran » et « avec écran ». (Essais du matin)**

Distance du bord du champ (mètres)	Moyenne de dérive (en%) sans écran : buse 75%	Moyenne de dérive (en%) avec écran : buse 75%
0,5	0,22	0,18
2,5	0,09	0,06
5	0,07	0,03
7,5	0,07	0,02

La figure 23 présente les résultats du tableau 21. Dans ce cas-ci (buse 75%), l'écran a un effet significatif sur la réduction de la dérive par rapport à la modalité « sans écran », sur les 7,5m après celui-ci.

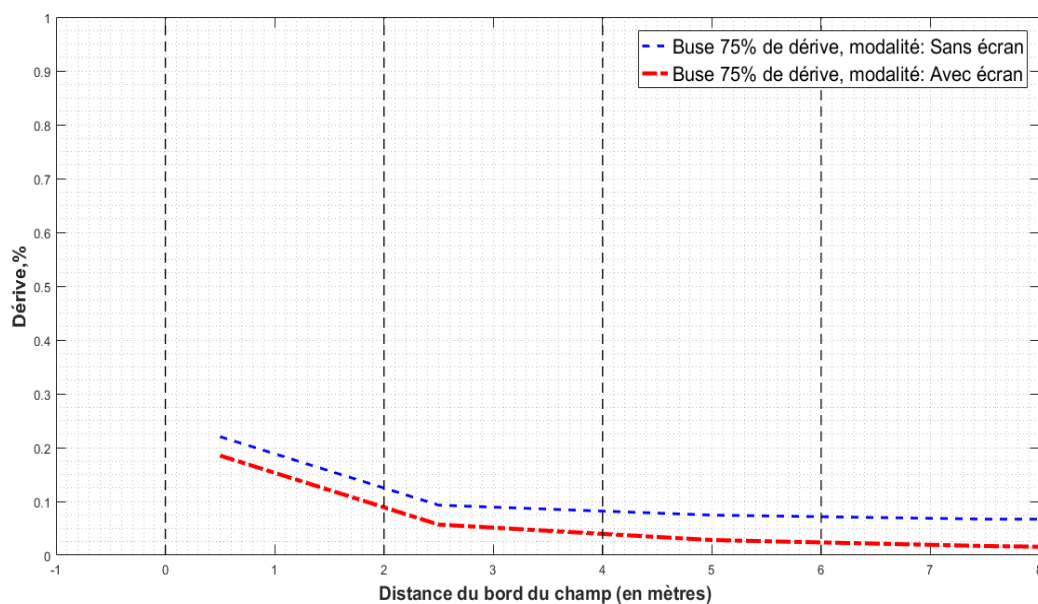


Figure 23 : Graphique présentant les moyennes de la dérive selon la modalité « sans écran » et « avec écran » pour la buse 50%.

En conclusion, le tableau 22 présente les moyennes de différentes modalités testées. Dans un tiers des cas seulement l'écran a un effet sur la réduction de la dérive (lors de l'utilisation de la buse 75%). Ce résultat peut s'expliquer par la formation par cette buse de plus grosses gouttes qui sont mieux interceptés par l'écran.

Tableau 22: Moyennes des dérives (en%) engendrées par les différentes buses entre 0,5 m et 7,5m (les moyennes dont l'exposant est similaire ne sont pas significativement différentes).

	Buse 0%	Buse 50%	Buse 75%	Toutes les buses
Sans écran	0,36 <sup>d</sup>	0,17 <sup>c</sup>	0,11	0,22 <sup>e</sup>
Avec écran	0,23 <sup>d</sup>	0,19 <sup>c</sup>	0,07	0,17 <sup>e</sup>

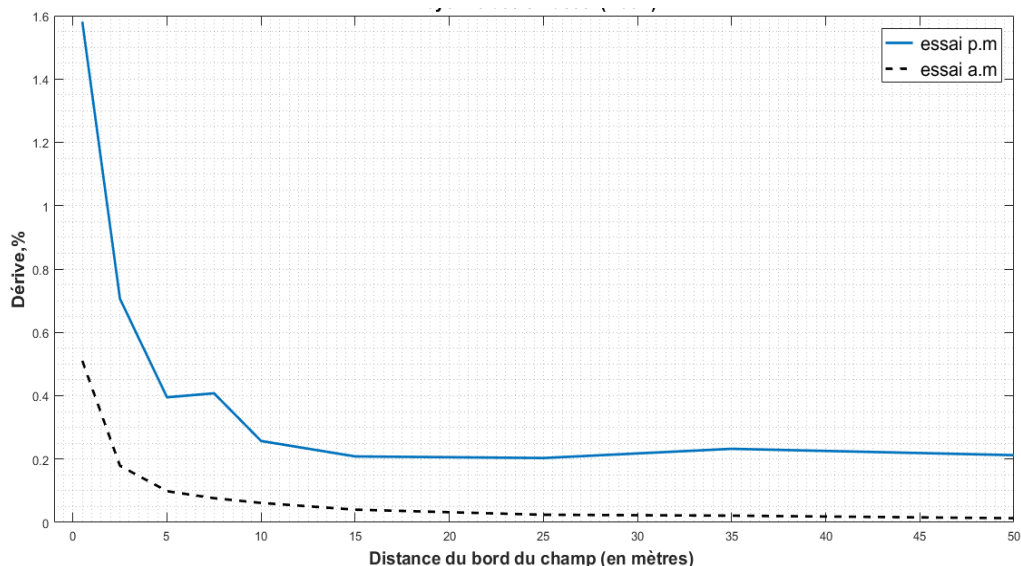
#### 4.3.3. Analyse de l'effet des conditions atmosphériques sur la dérive (comparaison matin et après-midi)

Le tableau 23 présente les moyennes de la dérive des essais du matin (a.m.) et de l'après-midi (p.m.). Ces valeurs sont obtenues en faisant la moyenne des résultats des pourcentages de dérive des trois types de buses.

Tableau 23 : Tableau présentant la moyenne (n=18) des pourcentages de la dérive engendrés lors des essais a.m. et p.m.

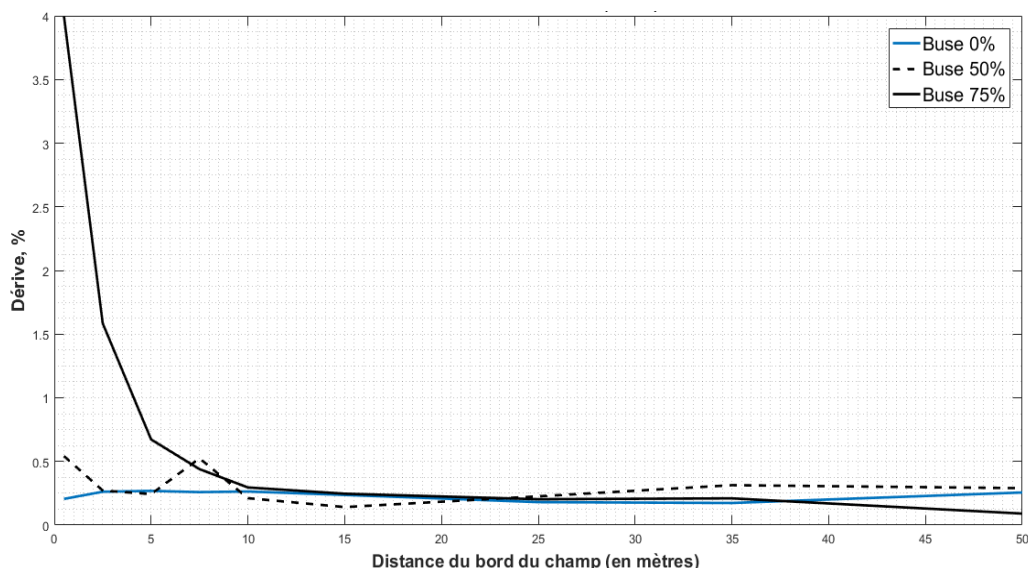
Distance du bord du champ (mètres)	Moyenne de la dérive p.m. « sans écran »	Moyenne de la dérive a.m. « sans écran »
0,5	1,58 <sub>-</sub> 2,1	0,51 <sub>+</sub> 0,33
2,5	0,71 <sub>+</sub> 0,8	0,18 <sub>+</sub> 0,09
5	0,39 <sub>+</sub> 0,2	0,09 <sub>+</sub> 0,05
7,5	0,41 <sub>+</sub> 0,2	0,08 <sub>+</sub> 0,04
10	0,26 <sub>+</sub> 0,1	0,06 <sub>+</sub> 0,03
15	0,21 <sub>+</sub> 0,01	0,04 <sub>+</sub> 0,02
25	0,20 <sub>+</sub> 0,1	0,02 <sub>+</sub> 0,02
35	0,23 <sub>+</sub> 0,1	0,02 <sub>+</sub> 0,02
50	0,21 <sub>+</sub> 0,15	0,01 <sub>+</sub> 0,01

La figure 24 présente les données du tableau 23. L'essai p.m. engendre beaucoup plus de dérive que l'essai du matin. Des conditions météorologiques différentes, présentées dans le tableau 24, expliquent ces différences. Les conditions en termes de températures et d'humidité sont différentes entre les modalités. Les conditions de vent sont semblables, mais les données sont des moyennes sur une heure de temps. Elles ne présentent pas les fluctuations observées lors de chaque essai.



**Figure24 : Graphique présentant les moyennes de la dérive les pourcentages des essais a.m et p.m. sur 50m de distance après le bord du champ.**

La figure 25 présente les données du tableau 16. Les résultats de dérive sont fortement différents entre les trois types de buses. Ils sont également différents des résultats des essais du matin (voir figure 18). Hormis un changement de la direction du vent lors des différents épandages, il est difficile d'expliquer la différence de résultats entre la buse 75% et les deux autres buses.



**Figure 25 : Moyennes (n=6) de la dérive (en%) des essais p.m. pour les 3 différentes buses testés sur 50m de distance après le bord du champ (essais de l'après-midi, « sans écran »)**

Le tableau 24 présente les conditions météorologiques lors des essais sur la dérive. Les valeurs du tableau sont des moyennes sur une heure de temps. Les essais du matin se sont déroulés entre 9h et 10h et les essais de l'après-midi se sont déroulés entre 13h30 et 14h30 (voir tableau 811). Ce tableau

n'est donc intéressant que pour les températures de l'air (°C), et l'humidité relative (HR). La direction du vent et sa vitesse peuvent varier de manière importante sur une heure de temps, mais les pulvérisations ne durent que quelques minutes. Les conditions peuvent donc être différentes entre les essais du matin et s'écarter les conditions indiquées au tableau 24.

Tableau 24 : Tableau présentant les conditions météorologiques lors des essais sur la dérive de pulvérisation.

Heure	Rayonnement (W/m <sup>2</sup> )	Température (°C)	HR (%)	Vitesse vent (m/s)	Direction vent
<b>Matin</b>					
8h	122	7	82	2,6	Sud-ouest (venant de l'arrière des capteurs)
9h	226	8	75	3,2	Sud (venant de l'arrière)
10h	514	9	70	5,6	Sud (venant de l'arrière des capteurs)
<b>Après midi</b>					
13h	899	12	57	5,8	Sud-sud-ouest (venant de l'arrière des capteurs)
14h	953	14	52	5,7	Sud-sud-ouest (venant de l'arrière des capteurs)

#### 4.4. Conclusions des essais avec la tartrazine

Dans cette partie de l'étude, différents résultats sont présentés quant à l'effet du type de buse de pulvérisation, de la présence ou non d'un écran et des conditions météorologiques. Il faudra rester prudent dans l'interprétation, car il s'agit des résultats d'une série d'essais réalisés sur une seule journée. Il n'y a pas de répétitions dans le temps, et par conséquent les conclusions émises ici ne concernent que les essais. Il est important de comparer ces résultats avec d'autres études. Les tests réalisés ont été effectués sur une distance de 51m après le point d'émission (bord de la rampe de pulvérisation). Aucune différence suffisamment importante entre les modalités n'a été décelée une dizaine de mètres après le point d'émission. Les analyses ont alors été effectuées majoritairement sur les 8,5 mètres après la source d'émission, qui se trouve à 1m du bord du champ. Ce qui se correspond assez bien à la bande tampon de 6m qui pourrait être rendu obligatoire pour protéger les riverains de la dérive directe.

Les conclusions de ces essais avec le traceur sont les suivantes :

- ▶ Primo, l'effet des buses anti-dérive testées (50% et 75%) sur la réduction de celle-ci, est confirmé. Cependant aucune différence significative entre les buses anti-dérive 50% et 75% n'a pu être mise en évidence (sur 8,5 m de distance).
- ▶ Secundo, l'effet d'un écran (types filet à insectes à 60% de porosité) sur la réduction de la dérive n'a pas pu être mis en évidence, sauf dans le cas de l'utilisation de la buse 75%. Imposer l'installation des filets de ce type en bordure des parcelles ne semblerait donc pas être utile. Des essais avec quatre couches superposés de ce filet (40% de porosité) devraient être testés. En effet, selon Schampheleire *et al.* (2009 (a)), un écran de porosité à 40% de porosité présente les meilleurs résultats. Par contre cela est plus difficile à mettre en place et est plus coûteux.
- ▶ Tertio, l'effet des conditions météorologiques sur la dérive a été mis en évidence. Les essais réalisés le matin (à 8°C et 75% HR) et les essais de l'après midi (à 14°C et 50%) présentent des résultats tout à fait différents. De plus, dans les essais de l'après-midi, les buses 0% et 50% ont donnés des résultats très faibles pour la dérive. Au contraire, la buse 75% a montré un taux plus élevé de dérive (près de 3%).

## Chapitre 5. Les essais « in situ »

---

### 5.1. Objectifs

Des sites « à risques » présents en Wallonie ont été choisis, ceux-ci peuvent être des écoles ou des maisons de riverains. Ces sites sont tous situés à proximité d'une culture qui est/sera traitée. Dans l'optique de pouvoir quantifier l'exposition des riverains (écoles ou particuliers), **trois types de mesures** ont été réalisées sur sites (toutes les expériences n'ayant pas été menées dans tous les sites) :

- a) **Des essais de mesure de la dérive** ont été réalisés dans diverses écoles (qui se sont déclarées volontaires pour effectuer ce type d'essai). Il s'agissait d'obtenir 4 informations :
  1. en cas d'application à proximité (dans le champ qui jouxte l'école), jusqu'où peut-on mesurer des traces de la ou des substance(s) active(s) qui sont pulvérisées sur le champ ?
  2. quel est le niveau de contamination atteint en fonction de la distance (mesure des quantités retrouvées sur des collecteurs passifs disposés au sol) ?
  3. les quantités mesurées dans les 2 heures qui suivent l'application sont-elles plus ou moins élevées que celles qui sont mesurées 24 heures après l'application ?
  4. les substances actives et les concentrations mesurées dans l'air durant 24 heures sont-elles cohérentes avec les mesures effectuées sur les collecteurs passifs au sol ?
- b) **Des mesures de la contamination à l'extérieur et à l'intérieur des écoles**, avant et après la saison de pulvérisation du printemps. Il s'agissait d'obtenir 3 informations :
  1. quelles substances actives sont présentes dehors et dedans ?
  2. quels sont les niveaux de contamination (quelles quantités de S.A. sont retrouvées) ?
  3. la nature et les niveaux de contamination sont-ils différents en début de saison et en fin de saison ?
- c) **Des mesures à l'aide de capteurs passifs de la contamination de l'air ambiant** durant la saison de pulvérisation au printemps, en bordure des cours de récréation, à plus ou moins 40 mètres de distance ou même chez des riverains ou dans un village. Avec aussi pour objectif de comparer les mesures de la saison 2018 avec celles effectués à Cortil Wodon en 2017.

Les essais et leurs résultats sont présentés dans cet ordre.

### 5.2. Essais de mesure de la dérive dans les écoles

#### 5.2.1. Sélection et description des conditions de l'essai

Les écoles qui ont participé aux essais ont été sélectionnées sur la base de trois critères :

1. Un intérêt signalé pour l'étude (contact de la Commune et/ou de la Direction). Elles se sont portées volontaires pour participer.
2. Un champ cultivé à « proximité » de l'école (diverses situations possibles ont été sélectionnées parmi les candidats : présence de route, de mur, de haies, etc.)
3. Un accord de l'agriculteur de communiquer son « plan d'épandage » (PPP utilisés), ses conditions de travail lors du traitement et de prévenir 24 ou 48 h avant l'application afin de permettre la mise en place du dispositif.

Vu le budget disponible pour ce volet du Projet PROPULPPP seules 7 écoles ont pu être retenues :

Tableau 24: Tableau présentant les écoles et leurs caractéristiques.

Situation de l'école	Caractéristiques du site
<p><b>Grez-Doiceau :</b> Ecole Saint-Joseph-aux-Champs Rue de la Sainte du Chêne 20, à 1390-Grez-Doiceau</p>	<p>Le site d'essai retenu est une cour de récréation (terrain revêtu en dur) ouverte, fermée sur le côté champ par un préau qui s'interrompt au niveau de la barrière. Une route et un talus séparent d'au moins 10 m le champ de la cour de récréation.</p>
<p><b>Ophain :</b> Ecole le grand Frêne Rue du Cimetière 51, à 1421 Ophain-Bois-Seigneur-Isaac</p>	<p>Le site d'essai retenu est une cour de récréation (terrain majoritairement revêtu en dur, une bande de 6m de pelouse jouxte le champ). Quelques arbustes se trouvent sur cette bande de pelouse.</p>
<p><b>Loupoigne :</b> Ecole du Petit Chemin Chemin de la Waronche 18, à 1471 Loupoigne</p>	<p>Le site d'essai retenu est une cour de récréation (terrain majoritairement revêtu de gravillons). Un mur de 2 m de haut sépare la cour du champ. Deux grands arbres se trouvent devant le mur de la cour.</p>
<p><b>Loupoigne :</b> Ecole Communale Rue du centre 30, à 1471 Loupoigne</p>	<p>Le site d'essai retenu est une partie de la cour de récréation (terrain en pelouse sur 10m en bord de champ. Terrain revêtu en dur sur le reste de la cour). Une petite haie de 1m de haut se trouve entre le champ et la cour.</p>
<p><b>Racour (Lincet):</b> Ecole Communale Rue de Landen, 85 à 4287Racour (Lincet)</p>	<p>Le site d'essai retenu est une partie de la cour de récréation (terrain en pelouse). La pelouse se trouve en bordure de champ.</p>
<p><b>Baisy-Thy :</b> Ecole Communale Rue Godefroi de Bouillon 2, à 1470 Baisy-Thy</p>	<p>Le site d'essai retenu est une cour de récréation (terrain majoritairement en pelouse). La pelouse se trouve en bordure de champ. Le champ de froment est supposé être « bio ».</p>
<p><b>Cortil-Wodon :</b> Ecole Saint-Martin Rue Saint-Martin 30, à 5380 Cortil-Wodon(Fernelmont)</p>	<p>Le site d'essai retenu est une partie de la cour de récréation (terrain majoritairement en pelouse, cour des petits). La pelouse se trouve en bordure d'une route et au-delà se trouve un champ (voir photos du site). La cour de récréation est entourée sur deux côtés de champs. Sur un côté ont été installés en 2017des rideaux de Miscanthus.</p>

On ajoutera que des prélèvements de poussières sur les jeux extérieurs et dans les salles de classe ont également été effectués à l'Ecole des Ormes, à 7802 Ormeignies, Chemin des Serres 3A.

## 5.2.2. Conditions d'application des PPP

Le tableau suivant reprend les conditions d'application et les PPP pulvérisés sur le champ jouxtant l'école (selon les indications délivrées par l'agriculteur):

Tableau 25 : Tableau présentant les caractéristiques des applications des PPP pour chaque site (école).

Situation de l'école	PPP appliqué(s), substance(s) active(s) concernée(s) et doses d'application du PPP	Conditions de l'essai réalisé
<b>Grez-Doiceau :</b> Ecole Saint-Joseph-aux-champs	<b>Palazzo®</b> , 2 L/ha Epoxyconazole (62g/l) Fenpropimorphe (200g/l) Metrafenone (75g/l)  <b>Bravo®</b> , 2 L/ha Chlorothalonil (500g/l)  <b>Medax®</b> 1 L/ha Chlorure de mépiquat (300g/l) Prohexadione (300g/l)	Champ de froment. Pulvérisation réalisée le mercredi 9 mai 2018 vers 16h30, sur le champ situé au nord. Utilisation de jets anti-dérive 50% Teejet jaune 160 L/ha, pression de 3-4 bars. Panneaux placés en bordure à 10 m de la culture (orientation nord-sud) et à 40 m (fond de la cour).
<b>Ophain :</b> Ecole le grand Frêne	<b>Centium®</b> , 0,25 L/ha Clomazone (360g/l)  <b>Stomp Aqua®</b> , 2,5 L/ha Pendimethaline (455g/l)	Champ de pois (pour ARDO). La pulvérisation réalisée le dimanche 19 mai 2018 à 7h34, sur le champ situé au bord sud de l'école. Utilisation de jets anti-dérive de 50% (ADX 120 025 LILAS). Panneaux placés à la limite de la propriété de l'école, dans l'orientation sud-nord), et dans la cour à 30 m (fond de la cour).
<b>Loupoigne :</b> Ecole du Petit Chemin	<b>Ceratavo®</b> , 0,75 L/ha Benzovindiflupyr (100g/l)  <b>Plexeo®</b> , 1,5 L/ha Metconazole (60g/l)  <b>Kestrel®</b> , 1,25 L/ha Prothioconazole (160g/l) Tebuconazole (80g/l)  <b>ProfiLambda®</b> , 0,1 L/ha Lambda-Cyhalothrine (50g/l)	Champ de froment. Pulvérisation réalisée le vendredi 20 mai 2018 à 5h48, sur le champ situé au bord ouest de l'école. Utilisation de jets Albuz ADI 110 03 à une pression de 2,5 bars. Panneaux placés à la limite de la propriété de l'école, dans l'orientation ouest-est à 30 m (fond de la cour).
<b>Loupoigne :</b> Ecole Communale	<b>Prosara®</b> , 1 L/ha Prothioconazole (125g/l) Tebuconazole (125g/l)  <b>Amistar®</b> , 1 L/ha Azoxystrobine (250g/l)	Champ de froment. La pulvérisation a été réalisé le samedi 21 mai 2018 à 20h30. Utilisation de jets Albuz. Panneaux placés face au champ, à la limite de la propriété de l'école, dans l'orientation nord-ouest sud-ouest.

	<b>ProfiLambda</b> <sup>®</sup> , 0,1 L/ha Lambda-Cyhalothrine (50g/l)	Les panneaux placés dans le fond de la cour ont été arrachés.
<b>Racour (Lincent):</b> Ecole Communale	<b>Cerax</b> <sup>®</sup> , 3 L/ha Epoconazole (41,6g/l) Fluxapyroxad (41,6g/l) Pyraclostrobin (66,6g/l)  <b>Tebuphyt</b> <sup>®</sup> , 0,50 L/ha Tebuconazole (250g/l)  <b>Sparviero</b> <sup>®</sup> , 0,05 L/ha Lambda-Cyhalothrine (100g/l)	Champ de froment La pulvérisation a été réalisée le mercredi 30 mai 2018 à 7h00.  Panneaux placés à la limite de la propriété de l'école, dans l'orientation nord-ouest sud-ouest. Panneaux placés dans le fond de la cour à 40 m.
<b>Baisy-thy :</b> Ecole Communale	Champ cultivé en bio. Aucun PPP appliqué durant la saison.	Champ de froment. Essai « référence » réalisé le jeudi 14 juin 2018.  Panneaux placés à la limite de la propriété de l'école, face au champ. Les panneaux placés dans le fond de la cour ont été arrachés.  Présence de champs non bios dans les environs de l'école.
<b>Cortil-Wodon :</b> Ecole Saint-Martin	Non communiqué, malgré plusieurs appels.	Champ de pois (traitements effectués par un entrepreneur). Essai non réalisé : l'entrepreneur n'a pas voulu communiquer sa date de traitement. Panneaux placés à la limite de la propriété de l'école, face au champ : ils ont été arrachés. D'autres panneaux ont été placés sur l'autre côté (derrière le Miscanthus). Des panneaux ont aussi été placés dans le fond de la cour des petits.

### 5.2.3. Réalisation des essais sur la dérive

#### ► *Protocole des essais réalisés pour mesurer la dérive*

La dérive a été mesurée 2 heures et 24 heures après application selon le même protocole. Deux séries de panneaux collecteurs en carton sur lesquels un tissu Mira cloth (45 cm x 56 cm = 2520 cm<sup>2</sup>) est agrafé sont placés dans la cour de récréation de l'école et sur le sol à des distances de 0 -2 -4 -6 -8 et 16 m. Le dispositif est installé une heure avant l'application. La première série de panneaux est récoltée 2 heures après le passage du pulvérisateur. De nouveaux panneaux sont alors placés selon les mêmes modalités et sont récoltés 24 heures après le passage du pulvérisateur.

Une pompe à air, aspirant 4m<sup>3</sup> d'air par heure, est placée à une trentaine de mètre du bord du champ pour capturer les PPP émis dans l'air dans une cartouche en mousse de polyuréthane. Il s'agit d'un échantillonneur (*Total Suspended Particulate (TSP) High Volume Sampler*, Thermo Fisherscientific, Breda, Pays-Bas) qui récolte les substances actives présentes dans l'air après la pulvérisation. L'air aspiré passe au travers d'un filtre en quartz (Pallflex, PallLife Science, Hoegaarden, Belgique) qui retient les pesticides associés aux matières particulaires et d'une cartouche constituée de mousse et de résine (ORBO 2500 Precleaned large PUF/AmberliteR XADR-2/PUF, Supelco®, USA) qui capture les molécules à l'état gazeux. Ces cartouches sont conformes aux normes US-EPA2 et ASTM concernant l'analyse de pesticides dans l'air.

La pompe est mise en route peu avant le passage du pulvérisateur et fonctionne pendant une période de 24 heures. La cartouche est recueillie au même moment que la seconde série de collecteurs au sol. Au total sur 24 heures, un volume théorique de 96 m<sup>3</sup> d'air aura été filtré.

#### ► ***Enregistrement des paramètres météorologiques des essais***

Pour chaque essai, les conditions météorologiques ont été suivies en continu sur une période de 24 heures suivant la pulvérisation grâce à une station météorologique mobile (PCE-FWS20 Instrument) installée sur les sites durant l'expérience.

#### ► ***Analyse des collecteurs et des cartouches***

Les collecteurs sont détachés des panneaux et placés dans des sacs à congélation numérotés. Ils sont déposés dans les 2 jours chez PRIMORIS (Zwijnaarde, Gent), un laboratoire accrédité selon la norme ISO/CE 17025 pour l'analyse des traces de pesticides. Les collecteurs sont extraits au moyen de solvants par soxhlet et les résidus présents sont déterminés par passage en GC-MS/MS et LC-MS/MS. Cette combinaison de deux méthodes permet d'analyser les dépôts résiduels de plus de 540 substances actives sur le même échantillon. Chaque collecteur (dénommé « swab » par PRIMORIS) a été analysé en entier ; les bulletins d'analyse de PRIMORIS indiquent la quantité détectée en µg/collecteur.

Après prélèvement, les filtres en fibre de quartz et les cartouches ont été acheminés au laboratoire de l'ISSEP et stockés à 4°C, à l'abri de la lumière, avant extraction. Les pesticides sont extraits simultanément du filtre et de la cartouche pendant 4 heures au soxhlet avec un mélange de solvants (hexane /acetone /methanol, 50 :40 :10, v : v : v). Les échantillons (extraits) sont ensuite envoyés au laboratoire PRIMORIS pour analyse. Les échantillons ont été évaporés et repris dans les solvants adéquats pour l'analyse en GC-MS/MS et LC-MS/MS. Les bulletins d'analyse de PRIMORIS indiquent la quantité détectée en µg/collecteur.

### **5.2.4. Résultats des essais « dérive » dans les écoles**

#### ► ***Conditions météorologiques des essais réalisés***

Les graphes relatifs à chacun des essais sont placés en annexe. Les figures suivantes présentes l'évolution des températures (figure 26) et de l'humidité relative (figure 27) sur 24 heures pour l'ensemble des essais.

Le tableau 26 synthétise les données météorologiques :

Tableau 26 : Conditions météorologiques moyennes (température (°C) et humidité relative(%)) pendant les essais, sur une période de 0h à 2h et de 2h à 24h après le début de l'essai.

Essai réalisé à l'école de :		Température moyenne (°C)		Humidité relative (%) moyenne	
		0h-2h	2h-24h	0h-2h	2h-24h
Essai 1	Grez-Doiceau : Ecole Saint-Joseph-aux-champs	26±0,5°C	16±3°C	42±6%	67±6%
Essai 2	Ophain : Ecole le grand Frêne	8±1°C	11±3°C	89±3%	84±12%
Essai 3	Loupoigne : Ecole du Petit Chemin	12±2°C	22±10°C	96±2%	78±15%
Essai 4	Loupoigne : Ecole Communale	31±1°C	21±1°C	50±2%	78±10%
Essai 5	Racour (Lincent): Ecole Communale	18±1°C	25±5°C	88±3%	67±14%
Essai 6	Baisy-thy : Ecole Communale	18±1°C	16±4°C	82±2%	85±11%

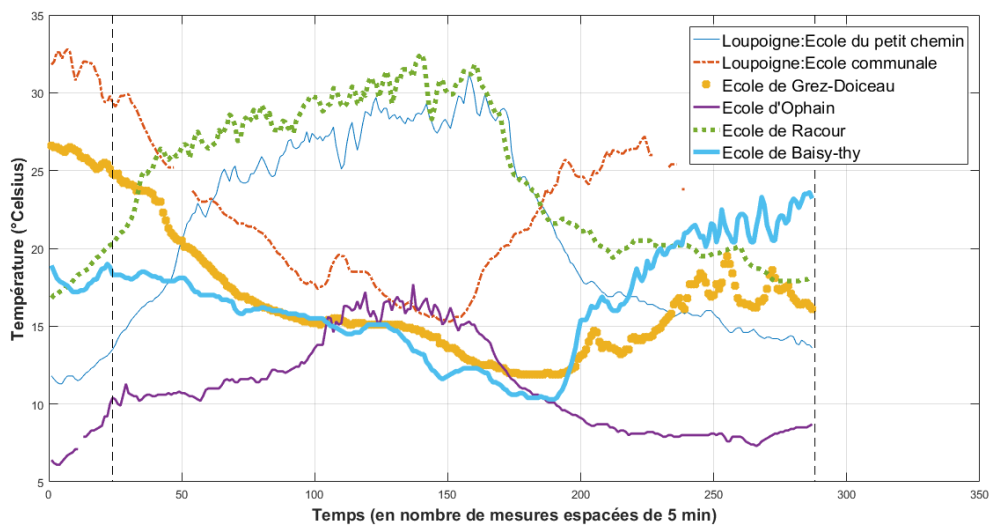


Figure 26: Evolution des températures (°C) des essais "in situ" sur une période de +/-24 heures (exprimé en nombre de mesures espacées de 5 min). La première ligne verticale à gauche indique la fin des deux premières heures des essais ; celle de droite indique la fin des essais.

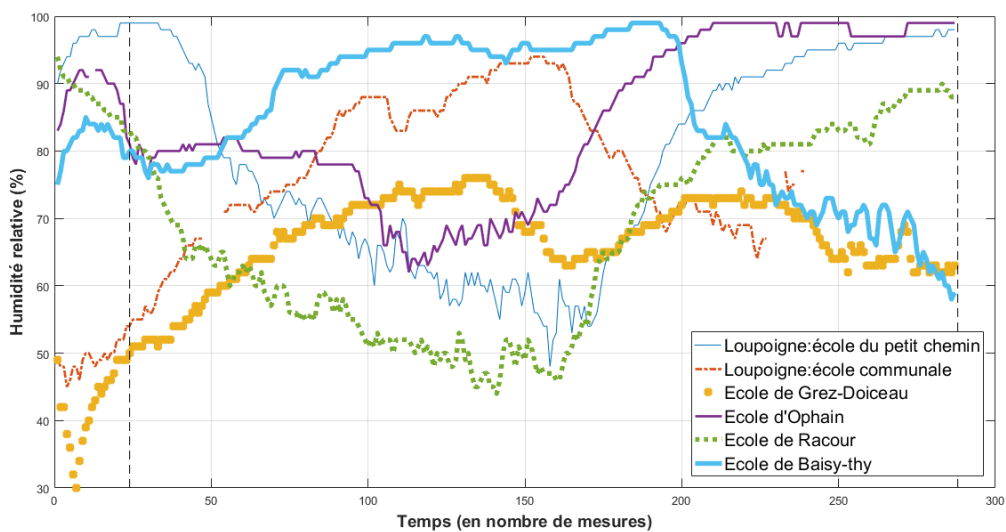


Figure 27: Evolution de l'humidité relative (%) des essais "in situ" sur une période de +/-24 heures (exprimé en nombre des mesures espacées de 5 min). La première ligne verticale à gauche indique la fin des deux premières heures des essais ; celle de droite indique la fin des essais.

► **Résultats des débits d'air de la pompe**

La pompe à air utilisée lors des essais n'a pas aspiré l'air avec un débit identique et constant. Le tableau 27 montre les moyennes ( $\pm$  écart-type) en l/min et en m<sup>3</sup>/h du volume aspiré lors de chaque essai. On observe une grande variabilité des mesures. Les moyennes du volume aspiré sur 24 heures seront utilisées pour calculer la masse des substances actives détectées à l'analyse par mètre cube d'air.

**Tableau 27: Moyennes des flux massiques de la pompe exprimé en SLPM (standard liter per minute, unité de la pompe), le débit volumique horaire correspondant et le volume d'air aspiré sur 24h.**

Essai réalisé à l'école de :		SLPM (l/min)	Débit volumique (m <sup>3</sup> /h)	Volume aspiré sur 24 h (m <sup>3</sup> )
Moyennes :				
Essai 1	Grez-Doiceau (n=490) (mesures toutes les 3 minutes)	55,0 $\pm$ 23,0	3,2 $\pm$ 1,4	76,8 $\pm$ 34,0
Essai 2	Ophain (n=484) (mesures toutes les 3 minutes)	40,0 $\pm$ 20,0	2,4 $\pm$ 1,2	57,6 $\pm$ 29,0
Essai 3	Loupoigne (Petit Chemin) (n=262) (mesures toutes les 6 minutes)	46,0 $\pm$ 13,0	2,75 $\pm$ 0,8	66,0 $\pm$ 19,0
Essai 4	Loupoigne (Ecole communale) (n=238) (mesures toutes les 6 minutes)	67,0 $\pm$ 7,0	4,0 $\pm$ 0,4	96,0 $\pm$ 10,0
Essai 5	Racour (Lincent) (n=239) (mesures toutes les 6 minutes)	41,0 $\pm$ 28,0	2,4 $\pm$ 1,7	57,6 $\pm$ 41,0
Essai 6	Baisy-Thy (n=257) (mesures toutes les 6 minutes)	69,0 $\pm$ 9,0	4,1 $\pm$ 0,5	98,4 $\pm$ 12,0

► **Résultats des mesures de dérive à l'école de Grez-Doiceau : Essai n°1**

Le tableau 28 montre les résultats de l'essai sur la dérive à l'école de Grez-Doiceau. Les quantités de substances retrouvées sur les capteurs sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Les % de dérive sont calculés comme étant la masse d'une substance en  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  divisée par la masse de cette substance pulvérisée sur un hectare selon les recommandations officielles (Phytoweb).

Culture : froment

**Tableau 28 : Quantités (g/m<sup>2</sup>) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Grez-Doiceau pour les substances actives pulvérisées (les données manquantes sont des quantités pour lesquelles les concentrations retrouvées étaient < LOQ). Les quantités pulvérisées sont : Chlorothalonil 1000g/ha, Epoxiconazole 124g/ha, Fenpropimorphe 400g/ha, Metrafenone 150g/ha).**

	Distances	Chlorothalonil		Epoxiconazole		Fenpropimorphe		Metrafenone
		$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	% dérive	
Après 2 heures	0 m	10,10	0,0101 .10 <sup>-4</sup>	180,58	1,4600 .10 <sup>-4</sup>	6,73	0,0168 .10 <sup>-4</sup>	-
	2 m	9,92	0,0099 .10 <sup>-4</sup>	213,84	1,7200 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-
	4 m	8,32	0,0083 .10 <sup>-4</sup>	157,61	1,2700 .10 <sup>-4</sup>	6,73	0,0168 .10 <sup>-4</sup>	-
	6 m	6,34	0,0063 .10 <sup>-4</sup>	-	-	4,75	0,0119 .10 <sup>-4</sup>	-
	8 m	5,74	0,0057 .10 <sup>-4</sup>	271,26	2,1900 .10 <sup>-4</sup>	8,32	0,0208 .10 <sup>-4</sup>	-
	16m	4,75	0,0075 .10 <sup>-4</sup>	123,55	0,9960 .10 <sup>-4</sup>	1,86	0,0047 .10 <sup>-4</sup>	-

Après 24 heures	0 m	2,18	0,0022 .10 <sup>-4</sup>	48,11	0,3880 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-
	2 m	1,46	0,0015 .10 <sup>-4</sup>	-	-	3,56	0,0089 .10 <sup>-4</sup>	-
	4 m	1,94	0,0019 .10 <sup>-4</sup>	17,03	0,1370 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-
	6 m	1,66	0,0017 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	-
	8 m	1,62	0,0016 .10 <sup>-4</sup>	12,47	0,1010 .10 <sup>-4</sup>	1,98	0,0050 .10 <sup>-4</sup>	-
	16m	1,56	0,0016 .10 <sup>-4</sup>	22,77	0,1840 .10 <sup>-4</sup>	1,23	0,0031 .10 <sup>-4</sup>	-
<b>Echantillonnage air (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>30 m</b>	-		14,3. 10 <sup>-4</sup>	3854,2. 10 <sup>-4</sup>		2,2. 10 <sup>-4</sup>	

Dans cet essai, la cour de récréation est séparée du champ par une route et deux talus (plus un petit muret). La cour est également partiellement abritée par un grand préau qui fait face au champ sur une grande longueur.

Il est difficile de voir une tendance générale similaire pour tous les produits. Mais malgré la distance entre la cour et le champ, et malgré l'emploi de buses anti-dérive 50%, des dépôts sont détectés dans la cour de récréation jusqu'à au moins 16 m à l'intérieur. Cependant on peut voir, avec quelques anomalies, que les quantités retrouvées sur les capteurs au sol diminuent lorsque l'on s'éloigne de la source d'émission, ce qui est logique par rapport à ce que l'on attend de mesures de la dérive. On observe surtout une diminution importante des quantités déposées avec le temps pour ces substances. Les résultats de l'époxiconazole (quantités et % de dérive) sont plus élevés, mais aussi plus variables, que pour les autres substances recherchées. Aucune trace de métrafénone n'a été détectée sur les capteurs (dépôts probablement trop faibles) alors qu'il a été détecté dans l'air à plus de 40 m de la limite de la cour de récréation (il est donc bien présent dans l'air).

Les résultats de l'échantillonnage de l'air montrent une concentration plus élevée du fenpropimorphe sur 24 h. Ce résultat est logique pour cette substance qui présente la plus haute pression de vapeur (3,5 mPa), suivi du métrafénone (0,153 mPa), du chlorothalonil (0,076 mPa) et de l'époxiconazole (0,00001 mPa). Par contre, pour l'époxiconazole comme pour le chlorothalonil (il n'a pas été retrouvé dans l'air) les résultats ne sont pas corrélés avec leurs pressions de vapeur.

#### ► **Résultats des mesures de dérive à l'école d'Ophain : Essai n°2**

Le tableau 29 montre les résultats de l'essai sur la dérive à Ophain. Les quantités de substances retrouvées sur les capteurs sont exprimées en µg/m<sup>2</sup>. Les % de dérive sont calculés comme étant la masse d'une substance en µg/m<sup>2</sup> divisée par la masse de cette substance pulvérisée sur un hectare selon les recommandations officielles (Phytoweb).

Culture : Pois

Tableau29 : Quantités ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Ophain pour les substances actives pulvérisées (les données manquantes sont des quantités pour lesquelles les concentrations retrouvées étaient  $< \text{LOQ}$ ). Les quantités pulvérisées sont : Clomazone (90g/ha) et Pendiméthaline (113,75 g/ha).

	Distances	Clomazone		Pendiméthaline	
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% dérive
Après 2 heures	0 m	67,91	0,7546 .10 <sup>-4</sup>	0,16	0,0014 .10 <sup>-4</sup>
	2 m	69,10	0,7678 .10 <sup>-4</sup>	0,18	0,0016 .10 <sup>-4</sup>
	4 m	-	-	0,09	0,0008 .10 <sup>-4</sup>
	6 m	104,74	1,1638 .10 <sup>-4</sup>	0,22	0,0019 .10 <sup>-4</sup>
	8 m	170,08	1,8898 .10 <sup>-4</sup>	-	-
	16m	168,89	1,8766 .10 <sup>-4</sup>	0,26	0,0023 .10 <sup>-4</sup>
Après 24 heures	0 m	217,80	2,4200 .10 <sup>-4</sup>	0,53	0,0047 .10 <sup>-4</sup>
	2 m	267,30	2,9700 .10 <sup>-4</sup>	0,46	0,0040 .10 <sup>-4</sup>
	4 m	1520,64	16,8960 .10 <sup>-4</sup>	0,79	0,0070 .10 <sup>-4</sup>
	6 m	211,86	2,3540 .10 <sup>-4</sup>	0,67	0,0059 .10 <sup>-4</sup>
	8 m	235,62	2,6180 .10 <sup>-4</sup>	0,59	0,0052 .10 <sup>-4</sup>
	16m	334,62	3,7180 .10 <sup>-4</sup>	0,65	0,0057 .10 <sup>-4</sup>
Echantillonnage air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30 m	-		3,4722. 10 <sup>-4</sup>	

Dans cet essai, la cour de récréation est séparée du champ seulement par une clôture en fil de fer et quelques arbustes, mais qui ne ferment pas complètement le côté face au champ de pois.

On observe que malgré l'emploi de buses anti-dérive 50% des dépôts des deux substances sont mesurables, et importants comparativement aux autres essais, sur les capteurs installés dans la cour, jusqu'à au moins 16 m de profondeur.

Pour les capteurs laissés pendant 2 heures après la pulvérisation, la quantité de clomazone retrouvée augmente lorsque l'on s'éloigne de la source, ce qui est paradoxal si l'on ne comprend pas le mécanisme en jeu. Plus important, la quantité mesurée sur les capteurs augmente fortement (plus du double) avec le temps. Ce résultat peut s'expliquer par le fait qu'il ne s'agit pas seulement d'une contamination directe par la dérive. La clomazone, connue pour être très volatile (sa pression de vapeur vaut 19,2 mPa), se remet en suspension dans l'air, et peut ainsi être transportée par les courants d'air plus loin que les premiers capteurs, et rester dans l'air durant une longue période. La pendiméthaline, qui est une substance qui est modérément volatile (sa pression de vapeur vaut 1,94 mPa), présente des résultats assez comparables à ceux de la clomazone, mais en quantités déposées qui sont largement inférieures.

Un vent compris entre 0,5 et 2,5 m/s majoritairement en direction de la cour a été mesuré. Ce qui augmente la probabilité d'une contamination, et ce d'autant plus que la cour n'est que très légèrement protégé par des arbustes. On observe aussi que la clomazone se retrouve de manière plus abondante sur les capteurs après 22h d'exposition, quelle que soit la distance.

La pompe à air n'a pas capté de clomazone, malgré sa présence supposée notoire dans l'air. Une hypothèse serait qu'étant donné sa volatilité, ce dernier n'est pas resté adsorbé sur la cartouche (la S.A. se serait désorbée). Ce qui interroge sur la fiabilité des mesures avec ce type d'appareillage, au moins pour certaines substances.

► **Résultats des mesures de dérive à l'école du Petit Chemin à Loupigne : Essai n°3**

Le tableau 30 montre les résultats de l'essai sur la dérive à Loupigne (Petit Chemin). Les quantités de substances retrouvées sur les capteurs sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les % de dérive sont calculés comme étant la masse d'une substance en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  divisée par la masse de cette substance pulvérisée sur un hectare selon les recommandations officielles (Phytoweb).

Culture : froment

**Tableau30 : Quantités ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Loupigne (école du petit chemin) pour les substances actives pulvérisées (les données manquantes sont des quantités pour lesquelles les concentrations retrouvées étaient  $< \text{LOQ}$ ). Les quantités pulvérisées sont : Prothioconazole (200g/ha), Tebuconazole (100g/ha), Metconazole (90g/ha), Lambda-Cyhalothrine (5g/ha), Benzovindiflupyr (75g/ha).**

	Distances	Prothioconazole		Tebuconazole		Metconazole		Lambda-Cyhalothrine	Benzovindiflupyr
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Après 2 heures	0 m	0,04	0,0002 .10 <sup>-4</sup>	0,09	0,0009 .10 <sup>-4</sup>	0,02	0,0002 .10 <sup>-4</sup>	-	-
	2 m	0,04	0,0002 .10 <sup>-4</sup>	0,12	0,0012 .10 <sup>-4</sup>	0,03	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	-	-
	4 m	-	-	-	-	-	-	-	-
	6 m	-	-	-	-	-	-	-	-
	8 m	-	-	-	-	-	-	-	-
	16m	-	-	-	-	-	-	-	-
Après 24 heures	0 m	1,01	0,0050 .10 <sup>-4</sup>	0,38	0,0038 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
	2 m	530,64	2,6532 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	-	-
	4 m	11,48	0,0574 .10 <sup>-4</sup>	0,48	0,0048 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
	6 m	8,71	0,0436 .10 <sup>-4</sup>	0,40	0,0040 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
	8 m	0,36	0,0018 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	-	-
	16m	0,38	0,0019 .10 <sup>-4</sup>	0,04	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-
Echantillonnage air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30 m	-	-	-	-	-	-	-	-

Dans cet essai, la cour de récréation est séparée du champ par une tourtière de 10m de large, un mur en pierre de 2 mètres de haut et deux grands arbres ( $\pm 15\text{m}$ ) avec un feuillage très dense. Il en résulte que la cour est a priori bien protégée. De plus la pulvérisation a été réalisée dans des conditions idéales (pas de vent, et une humidité relative proche des 100% et une température de 12°C). Cette situation se reflète dans les résultats des deux premières heures de l'essai, en effet les quantités détectées pour trois des cinq substances pulvérisées sont faibles ; c'est seulement sur les

deux premiers panneaux que trois des substances ont été mesurées. Ces trois produits ont une volatilité très faible, leur pression de vapeur est respectivement,  $<4.10^{-4}$  mPa pour le prothioconazole, de  $1,7.10^{-3}$  mPa pour le tebuconazole et de  $2,1 \text{ mPa} \cdot 10^{-5}$  mPa pour le metconazole. Aucune trace de Lambda-Cyhalothrine ni de Benzovindiflupyr n'ont été mesurées (dépôts probablement trop faibles). Cependant, on notera que malgré une disposition de la cour de récréation très peu favorable à la contamination par la dérive, des dépôts mesurables sont néanmoins observés jusqu'à 16 m.

Sur les panneaux récupérés 24h après la pulvérisation, les dépôts apparaissent encore plus importants, mais seulement deux des produits phytopharmaceutiques pulvérisés ont été détectés. Ces dépôts ne peuvent pas être attribués à la dérive directe, mais au mouvement des particules dans l'air durant les 24 h de l'essai ; les particules arrivent à franchir l'obstacle que constitue le mur et/ou le bâtiment de l'école. Le prothioconazole, présente des dépôts variables, mais plus importants sur les premiers mètres. Tandis que pour le tébuconazole, les quantités retrouvées sont comparables quelle que soit la distance.

Aucune des substances actives de l'essai n'ont été détectées dans l'échantillon d'air. Cela peut s'expliquer non seulement par le caractère peu volatil des substances, par des vents favorables mais aussi par la conformation de la cour de l'école (qui offre a priori une bonne protection contre les vents).

► **Résultats des mesures de dérive à l'école communale à Loupoigne : Essai n°4**

Le tableau 31 montre les résultats de l'essai sur la dérive à l'école communale de Loupoigne. Les quantités de substance retrouvées sur les capteurs sont exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Les % de dérive sont calculés comme étant la masse d'une substance en  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  divisé par la masse de cette substance pulvérisée sur un hectare selon les recommandations officielles (Phytoweb).

Culture : froment

**Tableau31 : Quantités ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) retrouvées lors de l'essai dérive « in situ » de Loupoigne (école communale) pour les substances actives pulvérisées (les données manquantes sont des quantités pour lesquelles les concentrations retrouvées étaient  $< \text{LOQ}$ ). Les quantités pulvérisées sont : Azoxystrobine (250g/ha), Prothioconazole (125g/ha), Tebuconazole (125g/ha), Lambda-Cyhalothrine (5g/ha).**

	Distances	Azoxystrobine		Prothioconazole		Tebuconazole		Lambda-Cyhalothrine
		$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	-
Après 2 heures	0 m			1,15	$0,0092 \cdot 10^{-4}$	1,64	$0,0131 \cdot 10^{-4}$	-
	2 m			0,05	$0,0004 \cdot 10^{-4}$	0,09	$0,0007 \cdot 10^{-4}$	-
	4 m			0,06	$0,0004 \cdot 10^{-4}$	0,09	$0,0007 \cdot 10^{-4}$	-
	6 m	0,03	0,0001	0,05	0,0004	0,08	0,0006	-

			.10 <sup>-4</sup>		.10 <sup>-4</sup>		.10 <sup>-4</sup>	
	8 m	0,03	0,0001 .10 <sup>-4</sup>	0,04	0,0003 .10 <sup>-4</sup>	0,09	0,0007 .10 <sup>-4</sup>	-
	16m	70,49	0,2820 .10 <sup>-4</sup>	1,90	0,0152 .10 <sup>-4</sup>	1,82	0,0146 .10 <sup>-4</sup>	-
Après 24 heures	0 m	0,11	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	0,63	0,0051 .10 <sup>-4</sup>	0,32	0,0025 .10 <sup>-4</sup>	-
	2 m	0,10	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	0,51	0,0041 .10 <sup>-4</sup>	0,22	0,0017 .10 <sup>-4</sup>	-
	4 m	0,13	0,0005 .10 <sup>-4</sup>	0,55	0,0044 .10 <sup>-4</sup>	0,24	0,0019 .10 <sup>-4</sup>	-
	6 m	0,04	0,0002 .10 <sup>-4</sup>	0,42	0,0033 .10 <sup>-4</sup>	0,17	0,0013 .10 <sup>-4</sup>	-
	8 m	0,09	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	0,51	0,0041 .10 <sup>-4</sup>	0,26	0,0021 .10 <sup>-4</sup>	-
	16m	0,16	0,0006 .10 <sup>-4</sup>	0,71	0,0057 .10 <sup>-4</sup>	0,38	0,0030 .10 <sup>-4</sup>	-
Echantillonnage air (µg/m <sup>3</sup> )	30 m	-	-	-	-	-	-	-

Cet essai a été réalisé dans une cour de récréation peu protégée. La cour de récréation est en grande partie constituée d'une pelouse tondue ; elle n'est séparée du champ que par une clôture en fil de fer et une haie taillée à un mètre de hauteur ; cependant comme le terrain est en pente, l'effet d'écran de la haie en est certainement diminué. La pulvérisation a été effectuée en début de soirée par 30°C de chaleur, avec une humidité proche des 50%, avec un vent de maximum 1,5 m/s et plus ou moins dans la direction de la cour de récréation.

On observe que, hormis la lambda-cyhalothrine (sans doute en trop faible concentration dans l'air), la majorité des capteurs ont détectés les substances pulvérisées, mais en de faibles quantités et ce en dépit de conditions météorologiques favorables à la contamination par dérive. Il est intéressant de noter que les dépôts les plus importants sont obtenus sur les capteurs placés à 16 m après 2 h. Après 24 h, les dépôts diminuent et restent peu importants quelles que soient les distances. La faible volatilité des substances pulvérisées (azoxystrobine ( $1,1 \cdot 10^{-7}$  mPa), prothioconazole ( $<4 \cdot 10^{-4}$  mPa), tébuconazole ( $1,7 \cdot 10^{-3}$  mPa)) pourrait expliquer ces résultats.

Il est à noter qu'aucune des substances actives pulvérisées n'a été détectée dans les échantillons d'air. Ceci interroge à nouveau sur l'intérêt de cet appareillage pour ce type de mesure.

#### ► **Résultats des mesures de dérive à l'école communale de Racour : Essai n°5**

Le tableau 32 montre les résultats de l'essai sur la dérive à Racour. Les quantités de substance retrouvées sur les capteurs sont exprimées en µg/m<sup>2</sup>. Les % de dérive sont calculés comme étant la masse d'une substance en µg/m<sup>2</sup> divisée par la masse de cette substance pulvérisée sur un hectare selon les recommandations officielles (Phytoweb).

Culture : froment

Tableau 32 : Quantités ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ) retrouvés lors de l'essai dérive « in situ » de Racour pour les substances actives pulvérisées (les données manquantes sont des quantités pour lesquelles les concentrations retrouvées étaient  $< \text{LOQ}$ ). Les quantités pulvérisées sont : Epoxiconazole (124,8g/ha), Fluxapyroxad (124,8g/ha), Pyraclostrobin (199,8 g/ha), Tebuconazole (125 g/ha), Lambda-Cyhalothrine (5g/ha).

	Distances	Epoxiconazole		Fluxapyroxad		Pyraclostrobin		Tebuconazole		Lambda-Cyhalothrine
		$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	$\mu\text{g}/\text{m}^2$	% dérive	
Après 2 heures	0 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	6 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	16m	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Après 24 heures	0 m	0,05	0,0004 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	0,17	0,0014 .10 <sup>-4</sup>	-
	2 m	48,51	0,3887 .10 <sup>-4</sup>	12,08	0,0968 .10 <sup>-4</sup>	0,22	0,0011 .10 <sup>-4</sup>	160,78	1,2862 .10 <sup>-4</sup>	-
	4 m	0,04	0,0003 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	0,12	0,0010 .10 <sup>-4</sup>	-
	6 m	0,42	0,0033 .10 <sup>-4</sup>	0,06	0,0005 .10 <sup>-4</sup>	-	-	0,44	0,0035 .10 <sup>-4</sup>	-
	8 m	0,03	0,0003 .10 <sup>-4</sup>	-	-	-	-	0,10	0,0008 .10 <sup>-4</sup>	-
	16m	0,34	0,0027 .10 <sup>-4</sup>	0,02	0,0002 .10 <sup>-4</sup>	5,94	0,0297 .10 <sup>-4</sup>	0,18	0,0014 .10 <sup>-4</sup>	-
Echantillonnage air ( $\mu\text{g}/\text{m}$ )	30 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cet essai a été réalisé dans une cour de récréation non protégée. La cour de récréation est en grande partie constituée d'une pelouse tondue ; elle n'est séparée du champ que par une clôture en fil de fer.

Malgré cette disposition, aucune des substances pulvérisée au cours de cet essai n'a été détecté en sur les panneaux récupérés après 2 heures d'exposition. Cependant, les substances pulvérisées ont été détectées sur une majorité des panneaux récupérés 24h après la pulvérisation, majoritairement en faibles quantités. Par contre, il est très intéressant d'observe que les dépôts de toutes les substances actives (sauf pour la lambda-cyhalothrine) augmentent avec le temps sur les capteurs au sol. Ces résultats montrent à nouveau l'intérêt de faire des mesures décalées dans le temps.

Il est à noter qu'aucune des substances actives pulvérisées n'a été détectée dans les échantillons d'air. Ceci interroge à nouveau sur l'intérêt de cet appareillage pour ce type de mesure.

#### ► **Résultats des mesures de dérive à l'école communale Baisy-thy : Essai n°**

L'essai réalisé à Baisy-thy est un essai dit de « référence », car aucune pulvérisation n'a été effectuée sur le champ de froment situé à côté de l'école qui respecte le cahier des charges de l'agriculture biologique. Néanmoins, des champs conduits selon l'agriculture conventionnelle se trouvent dans les alentours de l'école. La cour de récréation est en grande partie constituée d'une pelouse tondue ; elle n'est séparée du champ que par une clôture en fil de fer.

Sur les capteurs installés au sol, un total de 57 substances a été détecté (seules les substances actives détectées un minimum de trois fois sont considérées). Un tableau en annexe présente les substances détectées avec leurs moyennes, l'écart-type, le maximum et le minimum. Les quantités détectées sont relativement faibles, le dépôt le plus important détecté est de 3 µg pour de chlorprophame.

### 5.3. Autres mesures de la présence de pesticides dans les écoles

#### 3.1.1. Mesures de la contamination à l'extérieur et à l'intérieur des écoles

Afin de mesurer la contamination à l'extérieur et à l'intérieur des écoles, des surfaces (sols, jeux) ont été frottés à l'aide d'un « swiffer ». Ces « swiffers » sont ensuite envoyés à Gand au laboratoire PRIMORIS pour analyse. Les tableaux des données brutes sont présents en annexe.

#### ► *Résultats de la contamination et à l'intérieur des écoles en début de saison de pulvérisation*

Le tableau 33 présente pour chaque site d'échantillonnage, le nombre de substances détectées, avec leur moyenne ( $\pm$  écart type), et les valeurs minimales et maximales retrouvées à l'intérieur les écoles en début de saison de pulvérisation.

**Tableau 33 : Tableau présentant les contaminations à l'intérieur des écoles en début de saison. Le tableau présente : le nombre de substances retrouvées, les moyennes des quantités (µg) avec le maximum et minimum, pour chaque site.**

Contamination intérieure des écoles en début de saison	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)
Nombre de substances	7	17	12	5	9	16	11
Quantités moyennes (µg) (m $\pm$ $\sigma$ )	0,0629 $\pm$ 0,0791	0,1434 $\pm$ 0,3317	0,1472 $\pm$ 0,2718	0,0438 $\pm$ 0,0259	0,1650 $\pm$ 0,2503	0,0474 $\pm$ 0,0518	0,0962 $\pm$ 0,1003
Maximum (µg)	0,2400	1,4000	0,9600	0,0690	0,7800	0,1800	0,3800
Minimum (µg)	0,0150	0,0110	0,0150	0,0140	0,0200	0,0110	0,0170

Sur l'ensemble des échantillonnages réalisés à l'intérieur, 60 substances actives différentes ont été retrouvées. Cependant certaines ne se retrouvent que ponctuellement dans les bâtiments. Le tableau 34 présente les substances les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites) à l'intérieur des écoles en début de saison de pulvérisation.

**Tableau 34 : Tableau présentant les produits les plus souvent retrouvés à l'intérieur, avec quantité moyenne (en µg)  $\pm$  écarts-types, le maximum et minimum pour chaque substance. Seuls les produits retrouvés dans plus de 50% des sites sont présentés.**

Substances les plus souvent retrouvées (>50% des sites)	% occurrence (7 sites)	Moyennes (µg) $\pm$ $\sigma$	Max (µg)	Min (µg)
Piperonyl-butoxyde	100% (7 sites)	0,4160 $\pm$ 0,5043	1,4000	0,0490
Perméthrine	100% (7 sites)	0,3494 $\pm$ 0,2900	0,9600	0,0660
Flutolanil	100% (7 sites)	0,0304 $\pm$ 0,0244	0,0810	0,0140
Imidaclopride	86% (6 sites)	0,0723 $\pm$ 0,0332	0,1200	0,0360

<b>Propiconazole</b>	86% (6 sites)	0,0437 ± 0,0250	0,0860	0,0200
<b>Azoxystrobine</b>	86% (6 sites)	0,0400 ± 0,0159	0,0700	0,0300
<b>2-phenylphenol</b>	71% (5 sites)	0,0852 ± 0,0309	0,1400	0,0670
<b>Fipronil</b>	71% (5 sites)	0,0468 ± 0,0227	0,0740	0,0250
<b>Chloridazon</b>	57% (4 sites)	0,0220 ± 0,0085	0,0340	0,0150

► **Résultats de la contamination et à l'intérieur des écoles en fin juin**

Le tableau 35 présente pour chaque site d'échantillonnage, le nombre de substances détectées, avec leur moyenne (± écart type), et les valeurs minimale et maximale retrouvées à l'intérieure des écoles en fin juin.

**Tableau 35 : Tableau présentant les contaminations à l'intérieur des écoles en fin Juin. Le tableau présente : le nombre de substances retrouvées, les moyennes des quantités (µg) avec le maximum et minimum, pour chaque site.**

Contamination intérieure des écoles fin juin	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)	Ormeignies
<b>Nombre de substances</b>	8	39	15	10	19	26	8	15
<b>Quantités moyennes (µg) (m±σ)</b>	0,1458 ± 0,2432	0,2505± 0,5514	0,2271± 0,5095	0,2544 ± 0,3927	0,1171 ± 0,2445	111,7325 ± 489,6899	0,0898 ± 0,0776	0,1599 ± 0,2939
<b>Maximum (µg)</b>	0,7300	2,6000	2,0000	1,3000	1,0000	2508,0000	0,2400	1,0000
<b>Minimum (µg)</b>	0,0140	0,0100	0,0110	0,0120	0,0120	0,0100	0,0180	0,0110

Sur l'ensemble des échantillonnages réalisés à l'intérieur, 60 substances actives différentes ont été retrouvées. Cependant certaines substances actives ne se retrouvent que ponctuellement. Le tableau 36 présente les substances actives les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites) à l'intérieur des écoles en fin juin.

**Tableau36 : Tableau les substances actives les plus souvent retrouvées à l'intérieur, avec leur quantités (µg) moyennes, le maximums et minimum pour chaque substance. Seuls les substances actives retrouvées dans plus de 50% des sites sont présentées.**

Substances les plus souvent retrouvées (>50% des sites)	% occurrence	Moyennes (µg) ±σ	Max (µg)	Min (µg)
<b>Piperonyl-butoxyde</b>	8	0,4413 ±0,3522	1,0000	0,1400
<b>Propiconazole</b>	8	0,1083±0,1746	0,5300	0,0130
<b>Diflufenican</b>	7	8,2051±21,5166	57,0000	0,0180
<b>Imidaclopride</b>	7	0,1307±0,1731	0,5100	0,0140
<b>Pentachloroanisol</b>	7	0,0893±0,0348	0,1400	0,0490
<b>Anthraquinone</b>	6	0,1710±0,2572	0,6900	0,0330
<b>Mandipropamide</b>	6	0,0462±0,0384	0,1100	0,0120
<b>Phenmediphame</b>	6	0,0332±0,0286	0,0860	0,0160
<b>Perméthrine</b>	4	0,2600±0,0693	0,3200	0,1600

Prosulfocarbe	4	0,0360±0,0409	0,0970	0,0100
Flutolanil	4	0,0218±0,0111	0,0380	0,0130
Tebuconazole	4	0,0208±0,0071	0,0290	0,0130

► **Résultats de la contamination à l'extérieur des écoles (sur les jeux) en début de saison de pulvérisation**

Le tableau 37 présente pour chaque site d'échantillonnage, le nombre de substances détectées, avec leur moyenne ( $\pm$  écart type), et les valeurs minimales et maximales retrouvées à l'extérieur des écoles en début de saison de pulvérisation.

**Tableau 37 : Tableau présentant les contaminations à l'extérieur des écoles en début de saison. Le tableau présente : le nombre de substances retrouvées, les moyennes des quantités ( $\mu\text{g}$ ) avec les maximums et minimums, pour chaque site.**

Contamination à l'extérieur des écoles en début de saison	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)
Nombre de substances	9	11	10	10	15	24	7
Moyennes ( $\mu\text{g}$ ) quantités ( $m \pm \sigma$ )	0,0270 $\pm$ 0,0199	0,0263 $\pm$ 0,0192	0,0353 $\pm$ 0,0353	0,0963 $\pm$ 0,1491	0,1453 $\pm$ 0,3757	0,5082 $\pm$ 1,8878	0,8960 $\pm$ 2,1659
Maximum ( $\mu\text{g}$ )	0,0650	0,0700	0,1300	0,4800	1,5000	9,3000	5,8000
Minimum ( $\mu\text{g}$ )	0,0120	0,0110	0,0140	0,0110	0,0180	0,0130	0,0100

Sur l'ensemble des échantillonnages réalisés à l'extérieur, 78 substances actives différentes ont été retrouvées. Cependant certaines substances actives ne se retrouvent que ponctuellement. Le tableau 38 présente les substances actives les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites) à l'extérieur des écoles en début de saison de pulvérisation.

**Tableau 38 : Tableau présentant les substances actives les plus souvent retrouvées à l'extérieur des écoles en début de saison, avec leur quantités ( $\mu\text{g}$ ) moyennes, les maximums et minimum pour chaque substance. Seuls les substances actives retrouvées dans plus de 50% des sites sont présentées.**

Substances les plus souvent retrouvées (>50% des sites)	% occurrence (6 sites)	Moyennes ( $\mu\text{g}$ ) $\pm \sigma$	Max ( $\mu\text{g}$ )	Min ( $\mu\text{g}$ )
Pencycuron	7	0,0920 $\pm$ 0,1768	0,4900	0,0110
Flutolanil	6	0,2412 $\pm$ 0,4221	1,1000	0,0290
Phenmediphame	5	0,0290 $\pm$ 0,0214	0,0630	0,0100
Lenacil	5	0,0168 $\pm$ 0,0075	0,0290	0,0110
Propiconazole	4	1,4903 $\pm$ 2,8737	5,8000	0,0150
Perméthrine	4	0,0473 $\pm$ 0,0137	0,0650	0,0360

► **Résultats de la contamination à l'extérieur des écoles (jeux) en fin juin**

Le tableau 39 présente pour chaque site d'échantillonnage, le nombre de substances détectées, avec leur moyenne ( $\pm$  écart type), et les valeurs minimales et maximales retrouvées à l'extérieur des écoles en fin juin.

**Tableau 39 : Tableau présentant les contaminations à l'extérieur des écoles en fin juin. Le tableau présente : le nombre de substances retrouvées, les moyennes des quantités ( $\mu\text{g}$ ) avec les maximums et minimums, pour chaque site.**

Contamination extérieur en fin juin	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)	Ormeignies
Nombre de substances	18	10	20	32	22	25	19	10
Quantités moyennes ( $\mu\text{g}$ ) ( $m \pm \sigma$ )	0,0261 $\pm$ 0,0215	0,0671 $\pm$ 0,0609	90,4496 $\pm$ 290,0775	0,2469 $\pm$ 1,1421	0,0606 $\pm$ 0,1454	0,0362 $\pm$ 0,0424	0,5351 $\pm$ 2,0999	0,0273 $\pm$ 0,0182
Maximum ( $\mu\text{g}$ )	0,0990	0,1700	1230,0000	6,5000	0,7000	0,2000	9,2000	0,0640
Minimum ( $\mu\text{g}$ )	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100	0,0110	0,0100	0,0120	0,0100

Sur l'ensemble des échantillonnages réalisés à l'extérieur, 78 substances actives différentes ont été retrouvées. Cependant certaines substances actives ne se retrouvent que ponctuellement. Le tableau 40 présente les substances actives les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites) à l'extérieur des écoles et en début de saison de pulvérisation.

**Tableau 40 : Tableau présentant les substances actives les plus souvent retrouvées à l'extérieur des écoles en fin juin, avec leur quantités ( $\mu\text{g}$ ) moyenne, le maximum et minimum pour chaque substance. Seuls les substances actives retrouvées dans plus de 50% des sites sont présentées.**

Substances les plus souvent retrouvées (>50% des sites)	% occurrence (7 sites)	Moyennes ( $\mu\text{g}$ ) $\pm \sigma$	Max ( $\mu\text{g}$ )	Min ( $\mu\text{g}$ )
Mandipropamide	8	61,5586 $\pm$ 173,9246	492,0000	0,0160
Pentachloroanisol	8	0,0910 $\pm$ 0,0272	0,1300	0,0590
Phenmediphame	8	0,0386 $\pm$ 0,0192	0,0670	0,0110
Tebuconazole	7	0,0769 $\pm$ 0,0951	0,2300	0,0110
Propiconazole	6	206,6577 $\pm$ 501,3463	1230,0000	0,0110
Cymoxanil	6	0,0423 $\pm$ 0,0191	0,0640	0,0150
Diflufenican	6	0,0277 $\pm$ 0,0196	0,0600	0,0120
Prosulfocarbe	6	0,0195 $\pm$ 0,0049	0,0280	0,0140
Flutolanil	6	0,0183 $\pm$ 0,0080	0,0300	0,0100
Prothioconazole	6	0,0178 $\pm$ 0,0055	0,0260	0,0120
Flufenacet	6	0,0152 $\pm$ 0,0066	0,0270	0,0100
Anthraquinone	5	0,0754 $\pm$ 0,0578	0,1700	0,0330
Vanifenalate	5	0,0224 $\pm$ 0,0155	0,0490	0,0100
Azoxystrobine	5	0,0156 $\pm$ 0,0051	0,0210	0,0100
Propamocarbe	5	0,0126 $\pm$ 0,0031	0,0180	0,0100
Metholachlor	4	21,5558 $\pm$ 43,0295	86,1000	0,0230
Chlorothalonil	4	0,0730 $\pm$ 0,0288	0,1000	0,0360
Piperonyl-butoxyde	4	0,0605 $\pm$ 0,0612	0,1500	0,0120
Epoxiconazole	4	0,0205 $\pm$ 0,0152	0,0430	0,0110
Ametoctradine	4	0,0168 $\pm$ 0,0085	0,0290	0,0100

► **Comparaison de la contamination intérieure en début et fin de saison**

Un total de 34 substances actives ont été détectées en plus en fin juin qu'en début de saison de pulvérisation, à l'intérieure des écoles. Le tableau 41 présente pour chaque site d'échantillonnage les valeurs de contamination (quantités en µg), avec leur moyenne ( $\pm$  écart type) des substances les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites).

**Tableau 41 : Tableau présentant les quantités (µg) des substances uniquement présentes en fin juin, présentes dans minimum 50% des sites.**

Substances	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St. Jean)	Ormeignies	Moyennes ( $m \pm \sigma$ )
Anthraquinone		0,69	0,074	0,14	0,042	0,033	0,047		0,171 + 0,257
Diphenylamine	0,73	2,6	2	1,3	1	0,81	0,24	0,68	1,170 + 0,775
Mandipropamide	0,021	0,032	0,076	0,012	0,026	0,11			0,046 + 0,038
Pentachloroanisol	0,069	0,14	0,1	0,067	0,13	0,07	0,049		0,089 + 0,035
Phenmediphame	0,016	0,086	0,018		0,016	0,047		0,016	0,033 + 0,029
Prosulfocarbe		0,097			0,017	0,01		0,02	0,036 + 0,041
Tebuconazole		0,029			0,017	0,024		0,013	0,021 + 0,007

Certaines substances ont été retrouvées en début de saison et en fin juin. Le tableau 42 présente de ces substances en terme d'occurrence (% du nombre de sites dans lesquelles ont les retrouves) avec leur moyenne ( $\pm$  écart type).

**Tableau 42 : Tableau comparant les valeurs de contaminations (µg de substance) des produits retrouvés à l'intérieur des écoles en début de saison et fin de saison. Les cellules en rouge indiquent que l'occurrence augmente. Les cellules en orange indiquent que l'occurrence est stable. Les cellules en vert indiquent une diminution dans l'occurrence.**

Contamination intérieure : substances actives	% occurrence (6 sites)	Moyennes en début de saison	% occurrence (7 sites)	Moyennes en fin juin
Diflufenican	43	0,0203 $\pm$ 0,0061	88	0,0623 $\pm$ 0,0584
Pendimethaline	14	0,0140 $\pm$ 0,0000	38	0,0550 $\pm$ 0,0390
Dichlofluanide	14	0,0110 $\pm$ 0,0000	38	0,0327 $\pm$ 0,0157
Epoxiconazole	14	0,0120 $\pm$ 0,0000	38	0,0150 $\pm$ 0,0044
Piperonyl-butoxyde	100	0,4160 $\pm$ 0,5043	100	0,4413 $\pm$ 0,3522
Propiconazole	86	0,0437 $\pm$ 0,0250	100	0,1083 $\pm$ 0,1746
Imidaclopride	86	0,0723 $\pm$ 0,0332	88	0,1144 $\pm$ 0,1668
Permethrine	100	0,3494 $\pm$ 0,2900	50	0,2600 $\pm$ 0,0693
Flutolanil	100	0,0304 $\pm$ 0,0244	50	0,0218 $\pm$ 0,0111
Azoxystrobine	86	0,0400 $\pm$ 0,0159	38	0,0133 $\pm$ 0,0025
2-phenylphenol	71	0,0852 $\pm$ 0,0309	25	0,1180 $\pm$ 0,0877
Fipronil	71,4	0,0468 $\pm$ 0,0227	25	0,0370 $\pm$ 0,0113

► **Comparaison de la contamination extérieure en début et fin de saison**

Un total de 42 substances supplémentaires ont été détectées fin juin par rapport au début de la saison de pulvérisation, à l'extérieur sur les jeux présents dans la cour de récréation des écoles. Le tableau 43 présente pour chaque site d'échantillonnage les valeurs de contamination (quantités en µg), avec leur moyenne (± écart type) des substances les plus souvent retrouvées (présentes dans au moins 50% des sites).

**Tableau 43 : Tableau présentant les quantités (µg) des substances uniquement présentes en fin juin, et présentes dans minimum 50% des sites.**

Substances	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)	Ormeignies	Moyennes avec écart-types
Ametoctradine	0,012			0,029		0,01	0,016		0,0168 +0,0085
Anthraquinone		0,17	0,091	0,048	0,035		0,033		0,0754 +0,0578
Cymoxanil	0,045		0,064	0,057	0,015	0,049	0,024		0,0423 +0,0191
Epoxiconazole	0,011			0,012	0,016	0,043			0,0205 +0,0152
Flufenacet	0,01	0,01		0,027	0,011		0,015	0,018	0,0152 +0,0066
Mandipropamide	0,045	0,017	492	0,096	0,054	0,2	0,041	0,016	61,500 +173,000
Metholachlor	0,023		86,1	0,059			0,041		21,5558 +43,0295
Pentachloroanisol	0,099	0,12	0,059	0,071	0,13	0,075	0,11	0,064	0,0910 +0,0272
Propamocarbe	0,011			0,018	0,012	0,012		0,01	0,0126 +0,0031
Prosulfocarbe	0,014	0,028		0,02	0,016	0,021		0,018	0,0195 +0,0049
Prothioconazole	0,012			0,023	0,017	0,026	0,015	0,014	0,0178 +0,0055
Vanifenalate	0,019		0,01	0,049	0,013		0,021		0,0224 +0,0155

Certaines substances ont été retrouvées en début de saison et en fin juin. Le tableau 44 présente de ces substances en terme d'occurrence (% du nombre de sites dans lesquelles ont les retrouves) avec leur moyenne (± écart type).

**Tableau 44 : Tableau comparant les valeurs de contaminations (µg de substance) des produits retrouvés à l'intérieur des écoles en début de saison et fin de saison. Les cellules en rouge indiquent que l'occurrence augmente. Les cellules en orange indiquent que l'occurrence est stable. Les cellules en vert indiquent une diminution dans l'occurrence.**

Contamination intérieure : Substances actives	% occurrence (6 sites)	Moyennes (µg) en début de saison	% occurrence (7 sites)	Moyennes (µg) en fin juin
Phenmediphame	71	0,0290 ± 0,0214	100	0,0386 ± 0,0080
Tebuconazole	43	0,1617 ± 0,1659	88	0,0769 ± 0,0080
Propiconazole	57	1,4903 ± 2,8737	75	206,6577 ± 0,0080
Diflufenican	29	0,0435 ± 0,0304	75	0,0277 ± 0,0080
Anthraquinone	14	0,0310 ± 0,0000	63	0,0754 ± 0,0080
Bixafen	14	0,0110 ± 0,0000	38	0,0317 ± 0,0080
Flutolanil	86	0,2412 ± 0,4221	75	0,0183 ± 0,0080
Chlorothalonil	43	0,1053 ± 0,0996	50	0,0730 ± 0,0080
Piperonyl-butoxyde	43	0,0330 ± 0,0151	50	0,0605 ± 0,0080
Pendimethaline	43	0,0390 ± 0,0185	25	0,0310 ± 0,0080

Captane	29	5,4000 ± 5,5154	13	0,2000 ± 0,0080
Propyzamide	43	0,0173 ± 0,0049	13	0,0220 ± 0,0080
Pencycuron	100	0,0920 ± 0,1768	13	0,0120 ± 0,0080
Methiocarbe	43	0,0203 ± 0,0068	13	0,0110 ± 0,0080

► **Comparaison de la contamination extérieure et intérieure**

En comparant les tableaux 42 et 44, il apparaît que 5 substances sont souvent retrouvées dans les écoles, à l'intérieur et à l'extérieur. Le tableau 45 présente ces 5 substances avec leur moyenne (± écart type), le lieu de contamination, l'occurrence et le moment.

**Tableau 45 : Tableau comparant les valeurs de contamination (µg) à l'intérieur et à l'extérieur, en début de saison et en fin juin, pour les produits présents en début de saison et en fin juin. Les cellules en rouges indiquent que l'occurrence est stable. Les cellules en oranges indiquent que l'occurrence augmente. Les cellules en vert indiquent une diminution dans l'occurrence.**

Substances actives	Lieu de la Contamination	% occurrence (6 sites)	Moyennes (µg) en début de saison	% occurrence (7 sites)	Moyennes (µg) en fin juin
Diflufenican	Intérieur	43	0,0203 ± 0,0061	88	0,0623 ± 0,0584
	Extérieur	29	0,0435 ± 0,0304	75	0,0277 ± 0,0196
Flutolanil	Intérieur	100	0,0304 ± 0,0244	50	0,0218 ± 0,0111
	Extérieur	86	0,2412 ± 0,4221	75	0,0183 ± 0,0080
Pendimethaline	Intérieur	14	0,0140 ± 0,0000	38	0,0550 ± 0,0390
	Extérieur	43	0,0390 ± 0,0185	25	0,0310 ± 0,0269
Piperonyl-butoxyde	Intérieur	100	0,4160 + 0,5043	100	0,4413 + 0,3522
	Extérieur	43	0,0330 + 0,0151	50	0,0605 + 0,0612
Propiconazole	Intérieur	86	0,0437 + 0,0250	100	0,1083 + 0,1746
	Extérieur	57	1,4903 + 2,8737	75	206,6577 + 501,3463

► **Mesures à l'aide de capteurs passifs de la contamination de l'air ambiant**

Pour mesurer la contamination de l'air ambiant, de panneaux collecteurs en carton sur lesquels un tissu Miracloth (45x 56 cm = 2520 cm<sup>2</sup>) est agrafé sont placés dans des écoles et chez des particuliers. Un lot de panneaux est placé en bordure de champ, et en retrait (30-40m). Ces panneaux ont été placés en début de saison des pulvérisations (fin mars), et ont été récupérés en fin juin. Les panneaux ont ensuite été envoyés à Gand au laboratoire PRIMORIS pour analyse.

Les résultats de ces mesures permettent dans un premier temps de visualiser la présence marquée de certaines substances. La figure 28 montre les substances les plus souvent retrouvées dans les échantillons. Les noms situés à droite du graphique, sont les substances (au nombre de 27) qui ont été retrouvées dans plus de 90% des échantillons. Entre 75% et 90% d'occurrence (la 2<sup>ème</sup> liste de

noms en partant de la gauche), on retrouve 12 substances. Entre 50% et 75% d'occurrence (la 3<sup>ème</sup> liste de noms en partant de la gauche), on retrouve 10 substances.

Le tableau 46 présente pour chaque site le nombre de substances détectées (présentes dans au moins 50% des échantillons) avec la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum. On peut y voir que le nombre de substances détectées est relativement constant quelque soit le site. L'analyse ne se poursuivra pas plus loin pour ce travail. Certaines données sont manquantes, les capteurs installés sur site ayant été arrachés.

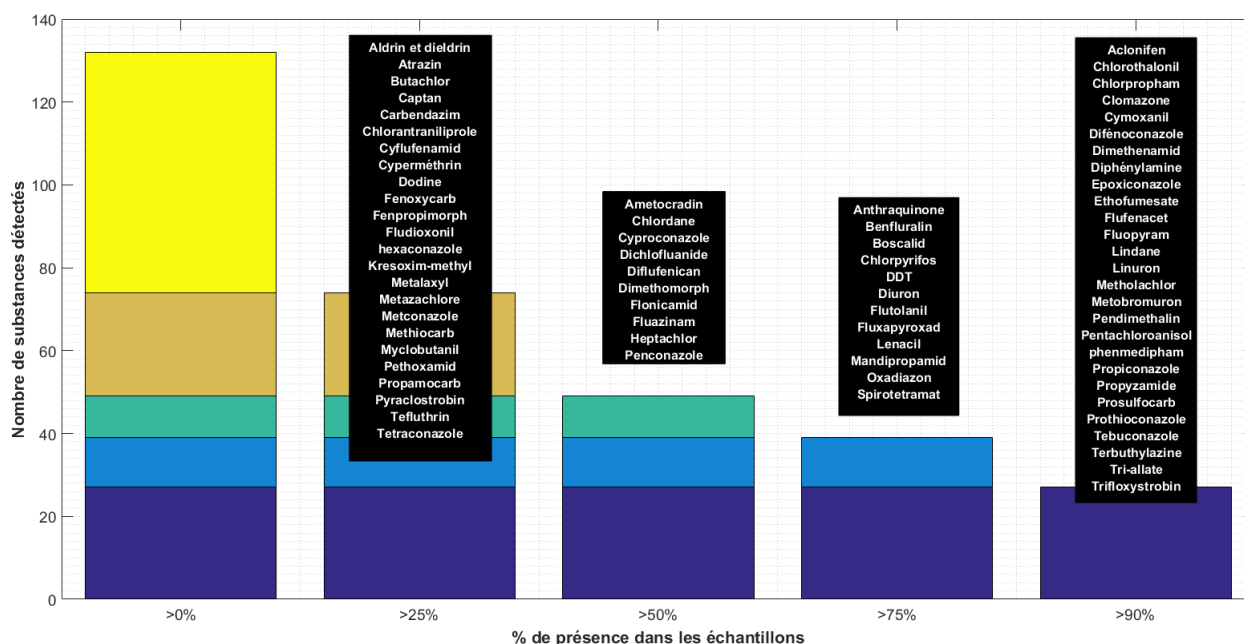


Figure 28 : Graphique représentant l'occurrence (n %) et la liste des substances actives les plus souvent retrouvées sur des capteurs passifs

Tableau 46 : Le tableau montre le nombre de substances actives (S.A.) détectées pour chaque site (école), avec la quantité moyenne (µg), l'écart-type, le maximum et le minimum. Bord= capteur placé en bordure (limite de propriété) ; Fond= capteur placé entre 25 et 40 m de la bordure du terrain.

Sites de mesure	Localisation	Nombre de S.A. détectées	Quantité moyenne (µg)	Ecart type	max	min
<i>Pour les capteurs dans les écoles :</i>						
Ecole d'Ophain	Bord	27	1,540	5,302	28	0,052
Ecole d'Ophain	Fond	38	3,165	10,273	56,76	0,01
Ecole de Baisy-Thy	Bord	44	3,986	9,602	48,6	0,013
Ecole de Cortil Wodon	Bord	38	2,038	4,266	24	0,077
Ecole de Cortil Wodon	Fond	45	0,816	1,931	10,5	0,012
Ecole de Racour	Bord	39	1,285	2,339	12,2	0,015
Ecole de Racour	Fond	48	1,611	6,115	42,24	0,013
Ecole du petit chemin (Loupoigne)	Bord	36	1,073	2,046	10,8	0,021
Ecole du petit chemin (Loupoigne)	Fond	40	0,339	0,486	2,4	0,01
Ecole communale de Loupoigne	Bord	43	0,774	1,311	4,9	0,018
Ecole de Grez-Doiceau	Bord	41	0,632	0,918	3,2	0,012

Ecole de Grez-Doiceau	Fond	38	0,429	0,620	2,8	0,012
-----------------------	------	----	-------	-------	-----	-------

Tableau 47 : Le tableau montre le nombre de substances actives (S.A.) détectées pour chaque site (riverains), avec la quantité moyenne ( $\mu\text{g}$ ), l'écart-type, le maximum et le minimum. Bord= capteur placé en bordure (limite de propriété) ; Fond= capteur placé entre 25 et 40 m de la bordure du terrain.

Sites de mesure	Localisation	Nombre de S.A. détectées	Quantité moyenne ( $\mu\text{g}$ )	Ecart type	max	min
<i>Pour les capteurs chez les riverains:</i>						
Riverain 1 (Beauvechain)	Bord	47	12,327	29,984	127,2	0,014
Riverain 1 (Beauvechain)	Fond	47	6,086	16,384	85,5	0,01
Riverain 2 (Mille)	Bord	42	4,200	16,760	106	0,012
Riverain 2 (Mille)	Fond	42	0,660	1,354	6,3	0,015
Riverain 3 (Fernelmont, Noville les Bois)	Centre*	39	3,407	9,125	47,79	0,016
Riverain 3 (Fernelmont, Noville les Bois)	Centre*	42	0,721	1,271	5,9	0,015
Riverain 4 (Berloz)	Bord	47	2,288	7,596	43,1	0,011
Riverain 4 (Berloz)	Fond	45	1,197	2,311	11,5	0,014
Riverain 5 (Juprelle)	Bord	36	12,456	51,948	311,22	0,028
Riverain 5 (Juprelle)	Fond	41	0,234	0,385	1,6	0,016

Centre\* : dans ce site, les capteurs ont été placés au centre du village de Noville-les-Bois

### 5.3. Conclusions des essais « in situ »

Dans cette partie de l'étude, trois types d'essais « in situ » ont été réalisés. Il s'agit d'essais de mesures de la dérive, de mesures de la contamination à l'extérieur et à l'intérieur d'écoles et de mesures de la contamination de l'air ambiant. Ces essais se sont déroulés en Wallonie sur les mois de mars, avril mai et juin 2018.

Les essais de mesures de la dérive présentent des résultats fortement différents les uns des autres, et variables également en fonction des substances actives.

Cette variation dans les résultats était attendue vu la sélection de sites très différents. La variabilité s'explique en partie par les différences qui existent entre les sites d'essais (topographie, présence de bâtiments), mais aussi par les conditions d'application (paramètres agronomiques : buses, pression, volume, PPP utilisé, etc.) et encore par les conditions météorologiques. Certains sites sont adjacents au champ pulvérisé, d'autres sont plus éloignés. Néanmoins, on peut conclure de l'examen des résultats des essais sur site que la quantité de substance détectée au sol après application n'est pas corrélée avec la pression de vapeur de la substance active, pour autant que celle-ci ne soit pas trop élevée (en effet, la clomazone (essai n°2) qui est très volatil a été retrouvé de manière plus importante que les autres substances, mais c'est un cas particulier et connu).

Grâce aux résultats des essais « in situ », on confirme l'intérêt de faire des mesures décalées dans le temps. Ainsi, dans l'essai 5 par exemple, aucune substance active n'a été détectée sur les capteurs placés au sol dans les deux premières heures suivant l'application, alors qu'après 24 heures les substances pulvérisées ont été détectées sur la quasi-totalité des panneaux.

*Les mesures de la contamination intérieure* en début de saison de pulvérisation et en fin juin dans des écoles, montrent principalement **une augmentation du nombre de substances actives détectées**. En début de saison, en moyenne 11 substances ont été détectées par site (variant entre 5 et 17 substances). Sept substances ont été retrouvées dans au moins 50% des sites, dans des quantités allant de 0,01 µg à 1µg/swiffer. Alors qu'en fin juin, en moyenne de 17 substances par sites ont été détectées (variant entre 8 et 39 substances, ce qui est considérable). Douze substances ont été retrouvées dans au moins 50% des sites, dans des quantités allant de 0,01 µg à 0,1 µg. Sept substances supplémentaires (S.A. présentes dans au moins 50% des sites) ont été retrouvées fin juin. Mais dans des quantités allant de 0,01 µg à 1µg/swiffer. Douze substances ont été retrouvées en début et en fin de saison. Dans ces douze substances, soit leur occurrence dans les sites augmentait, restait stable ou diminuait. Mais les quantités moyennes ne varient pas de manière importante.

*Les mesures de la contamination extérieure* en début de saison de pulvérisation et en fin juin dans des écoles, montrent principalement **une augmentation du nombre de substances actives détectées**. En début de saison, en moyenne 12 substances par sites ont été détectées (variant entre 7 et 24 substances). Six substances ont été retrouvées dans au moins 50% des sites, dans des quantités allant de 0,01 µg à 1µg/swiffer. Alors qu'en fin juin, une moyenne de 19 substances par sites a été détectée (variant entre 10 et 32 substances). Vingt substances ont été identifiées dans au moins 50% des sites, dans des quantités allant de 0,01 µg à 1µg/swiffer. Douze substances supplémentaires (S.A. présentes dans au moins 50% des sites) ont été retrouvées fin juin. Mais dans des quantités allant du centième de µg à la dizaine de µg. Quatorze substances ont été retrouvées en début et en fin de saison. Dans ces douze substances, soit leur occurrence dans les sites augmentait, restait stable ou diminuait. Mais les quantités moyennes ne varient pas de manière importante.

Les essais de mesure de l'air ambiant montrent, d'une part **la diversité des produits rencontrés**, mais **aussi l'omniprésence de certaines substances dans notre environnement** pendant les périodes de pulvérisation. 27 substances ont été détectées dans plus de 90% des capteurs installés.

## Chapitre 6. Discussion générale et perspectives

---

Les résultats se rapportent à trois parties expérimentales : (1) des essais en tunnel, où ont été testés différentes modalités d'écran (un nombre différent couches de filet de type « anti-insectes ») ;(2) des essais sur la dérive de pulvérisation à l'aide d'un traceur ; (3) des essais « in situ », sur la dérive et sur la mesure de la contamination du milieu par les pesticides dans des écoles et chez des particuliers situés en Wallonie.

*Les essais en tunnel* ont montré qu'un écran d'une porosité de minimum 60% présente en tunnel une efficacité quant à l'interception de gouttes de près de 60%. Cependant l'augmentation du nombre de couches de filets superposées améliore cette caractéristique. Les écrans ont aussi un effet sur la réduction de la vitesse du vent. Cet effet sert à limiter la propagation des gouttes. Mais l'efficacité des écrans diminue avec la distance du point d'émission. Selon Schampheleire *et al.* (2009) un écran d'une porosité d'approximativement 40% présenterait les meilleurs résultats. Ce qui serait équivalent à une porosité à quatre couches superposées de filet.

*Les essais sur la dérive de pulvérisation à l'aide d'un colorant alimentaire* (la tartrazine) ont fourni des données comparables à celles obtenues avec les valeurs de la dérive en grandes cultures, l'essai présente des résultats dans les ordres de grandeurs de ceux présentés par Ganzelmeier pour les grandes cultures (cité par Holterman & Zande, 2003) et Candolfi *et al.* (2000) . C'est-à-dire un pourcentage de dérive proche de 1% dans les premiers mètres, et dans le centième de % pour les distances les plus éloignées. Cette proximité des résultats nous rassure quant à la fiabilité dans nos résultats. Cependant les résultats obtenus lors des essais sont légèrement inférieurs aux valeurs des tables. Ceci serait peut-être dû notamment au fait que Candolfi *et al.* (2000) considèrent le percentile 90. Toutefois, d'autres paramètres techniques (pression, hauteur et formulation) et météorologiques influencent aussi les valeurs de la dérive.

*Les essais sur la dérive de pulvérisation* n'ont pas pu confirmer l'effet de la buse supposée induire une réduction de 75%, sur une distance de 8,5 m après le point d'émission. Il apparaît que la buse 75% induit une réduction de la dérive légèrement inférieure (de l'ordre de 68%) à ce qui est attendu. Il est à noter que les valeurs annoncées de pourcentages de réduction de la dérive de ces buses sont obtenues selon un protocole qui peut être différent selon le pays. Les valeurs de référence varient donc. Une harmonisation des méthodologies devrait donc être mise en place entre pays. Cependant la différence entre les 2 buses anti-dérive testées se marque essentiellement dans les 3 mètres après le point d'émission. En présence d'une bande tampon de plus de 3 mètres, l'utilisation d'une buse 75% semble donc superflue. L'utilisation de la buse 50% sera plus donc intéressante pour le fermier, car celle-ci produit de plus petites gouttes, ce qui améliore l'homogénéité de la répartition de la bouillie sur le champ ainsi que l'adhérence au feuillage, et donc son efficacité. Il pourrait être envisageable de proposer de faire varier la taille de la bande tampon en fonction de la buse utilisée, comme cela se fait déjà pour les bandes tampons près des cours d'eau.

*L'effet de l'écran sur la réduction de la dérive est difficile à mettre en évidence.* En effet l'écran avait en tunnel une efficacité de réduction de la dérive de près de 60%. Mais, lors des essais de terrain, son efficacité sur la réduction a varié entre 10% et 40%, selon le type de buse (sur une distance de 8,5

mètres après le point d'émission). Il est donc nécessaire de multiplier les essais en champs pour déceler l'efficacité réelle, et donc l'intérêt réel d'installer des écrans en bordure des parcelles à protéger. Aucune décision visant l'obligation d'installer des écrans sur les bords de champs ne devrait pour l'instant être émise.

*De bonnes conditions météorologiques* (température basse, une humidité relative élevée et une vitesse de vent faible) *lors d'une pulvérisation est primordiale*. En effet, si l'application se fait dans de mauvaises conditions, la dérive peut être plus importante et plus aléatoire, et l'effet des buses à réduction de dérive n'est alors plus visible. Lors d'un essai en après-midi, la buse à 75% a montré un taux de dérive plus élevé dans les premiers mètres que les autres buses (50% et 0%). Ce caractère aléatoire est à éviter car elle ne permet pas d'utiliser le matériel de manière optimale.

La plus grande faiblesse des résultats et des conclusions qui découlent des essais avec le traceur tient au fait qu'il n'y a pas de répétitions des mesures sur plusieurs journées. Au moins une répétition des mesures aurait aidé à corroborer les résultats. De plus, l'obtention de mesures météorologiques en continu tout le long des expériences aurait permis, d'une part une interprétation plus précise, mais aussi un choix optimal du moment de l'essai. Au vu des résultats très faibles et stables à des distances de 15 m et plus, il semble plus intéressant de concentrer les efforts de mesure de la dérive directe sur des distances inférieures.

*L'objectif des essais « in situ »* était de quantifier l'exposition des riverains aux pesticides à l'aide de différents types de mesures de la contamination. Pour arriver à cela des mesures de la dérive, de la contamination de surfaces et de l'air ambiant ont été réalisés. Les essais de dérive « in situ » ont montré qu'en cas d'application à proximité, il est possible de mesurer des traces de substances actives, jusqu'à des distances de plus 16m et jusqu'à 24 heures après application. Cependant, vu les sites choisis, une grande variation dans les résultats existe entre les essais. Il sera intéressant de comparer ultérieurement (quand elles seront disponibles), pour certaines substances actives, les données obtenues en parcelles expérimentales au CRA-W (Volet 1) avec les données obtenues dans les essais « in situ » (Volet 4).

*Les mesures avec les capteurs passifs* montrent principalement l'omniprésence d'un certain nombre de pesticides (près d'une cinquantaine) dans notre environnement pendant la période des pulvérisations. Cette omniprésence, quoiqu'en relativement faibles quantités, pourrait présenter des effets nocifs pour la santé. L'effet « cocktail » de pesticides est encore peu étudié mais présenterait des effets sur la santé, même à des concentrations proches des doses journalières admissibles (DJA). Une étude de l'INRA datant de juin 2018, a montré l'effet que peut avoir un cocktail de 6 pesticides sur la santé de souris de laboratoire (Lukowicz et al. 2018). Mais les résultats obtenus avec les capteurs passifs sont aussi à considérer avec prudence. En effet, il est difficile de quantifier l'exposition réelle des riverains à l'issue de ces essais, tout d'abord au vu de la variété des substances, la variation des occurrences et les faibles quantités mesurées et l'omniprésence des pesticides. Par conséquent toute contamination par l'air ambiant (lors de la préparation et le transport des panneaux) peut avoir rapidement des répercussions sur les mesures. Deuxièmement parce que le matériel utilisé pour les capteurs passifs (tissu Miracloth) dans cette étude n'a pas été conçu pour cette application ni validé à proprement parler. Il serait intéressant d'étudier sa capacité de rétention des molécules de pesticides, et les pertes lors de différentes conditions

météorologiques. Les panneaux mis en place subissent les intempéries (vent, pluies) et sont exposés journalièrement aux rayons du soleil, dont une partie du spectre dégrade les substances actives. Par conséquent les quantités décelées après plusieurs semaines d'exposition pourraient être plus faibles au moment de l'analyse que ce que les dépôts ont été vraiment à un instant donné. Troisièmement, les mesures « in situ », bien qu'intéressantes pour voir les différences et similitudes entre sites, sont obtenues dans des conditions qui sont très différentes sur bien des aspects : environnement, configuration, gestion, occupation, .... Il serait intéressant d'approfondir l'étude en multipliant le nombre de sites, ici beaucoup trop faible, en multipliant les mesures dans le temps, en considérant la pulvérisation des alentours, des mesures en plein champ de la volatilisation des substances. Il faut tendre vers des expériences qui permettraient de connaître la provenance et le chemin (le plus probable) des substances. Pour mesurer la contamination à l'intérieur des maisons, il serait intéressant de le faire dans une pièce (peu fréquentée et avec une fenêtre), vierge de toute contamination préalable, et mesurer l'évolution de la contamination de cette pièce pendant la saison de pulvérisation. Cependant, nous avons pu constater que les pesticides sont présents, en nombre, dans l'air après les pulvérisations, et qu'ils sont transportés sur de longues distances. Cette omniprésence des pesticides dans l'air rend difficile, même impossible d'éviter toute contamination des « riverains », dès lors il sera difficile de diminuer l'exposition aux pesticides de l'ensemble de la population, et des riverains en particulier, uniquement en demandant aux agriculteurs de « travailler selon les bonnes pratiques phytosanitaires ». La technologie, l'adaptation des techniques, la création de molécules plus efficaces, très peu volatiles, ... sont autant de mesures à mettre en œuvre et à faciliter par les différents acteurs (les politiques, les industries,... et les consommateurs).

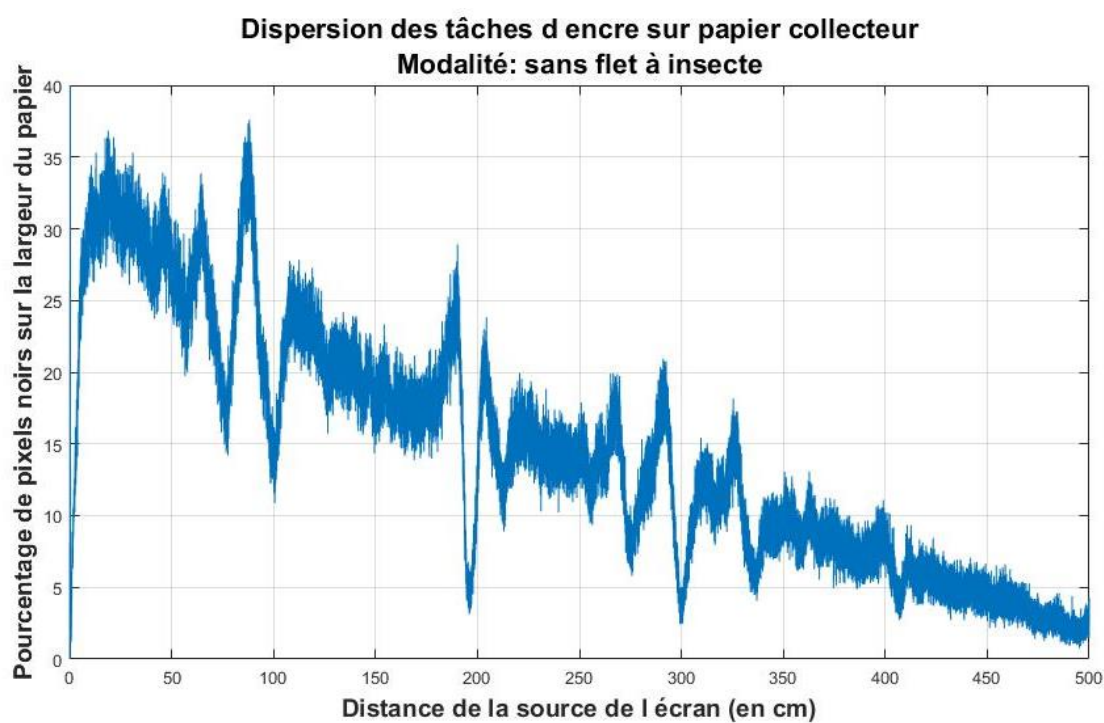
*En conclusion*, les essais réalisés avaient pour but de vérifier si les mesures préconisées par le Décret Wallon de 2018 étaient légitimes. La *première mesure* vise à obliger les agriculteurs à utiliser, sur tout le territoire wallon, des buses qui réduisent la dérive de minimum 50% : cette mesure ne se justifie que partiellement, dans le sens où une taille trop importante des gouttes, bien que diminuant la dérive, ne favorise pas la pénétration et la fixation foliaire (ce qui signifie une perte par ruissèlement des gouttes sur le sol). Cela permet aussi des phénomènes de volatilisation, de dérive éolienne et de ruissèlement plus important. Ces phénomènes contribuent de manière importante à l'exposition des riverains, et de la population située plus loin. Il serait plus judicieux de ne pas rendre obligatoire cette mesure, mais de laisser les agriculteurs s'adapter (à l'aide de conseils) aux situations et aux produits utilisés. La *seconde mesure* vise à interdire de pulvériser lorsque la vitesse du vent est supérieure à 15 km/h. Il s'agit là d'une mesure qui est déjà recommandée par le SPF, et qui est tout à fait légitime. La *troisième mesure* vise à interdire de pulvériser à moins de 6 mètres des bords de toute parcelle qui jouxte un lieu d'habitation ou de travail. Les résultats obtenus dans les essais en parcelle, ainsi que les résultats d'autres études confirment l'idée qu'une bande tampon de 6 mètres permettra de réduire de manière importante l'exposition des riverains à la dérive directe. La *dernière mesure* vise à interdire de pulvériser entre 8h et 16h sur les parcelles de cultures et/ou de prairies situées à moins de 50 mètres d'un lieu d'habitation ou fréquenté par le public. Elle aura peu d'effet sur l'exposition globale, mais est intéressante pour éviter un pic d'exposition au moment de l'application. Il est justifié d'interdire la pulvérisation aux moments des pics de fréquentations, par exemple pendant les récréations ou même les heures d'ouverture des écoles et des crèches, afin de protéger la population la plus fragile.

## Bibliographie

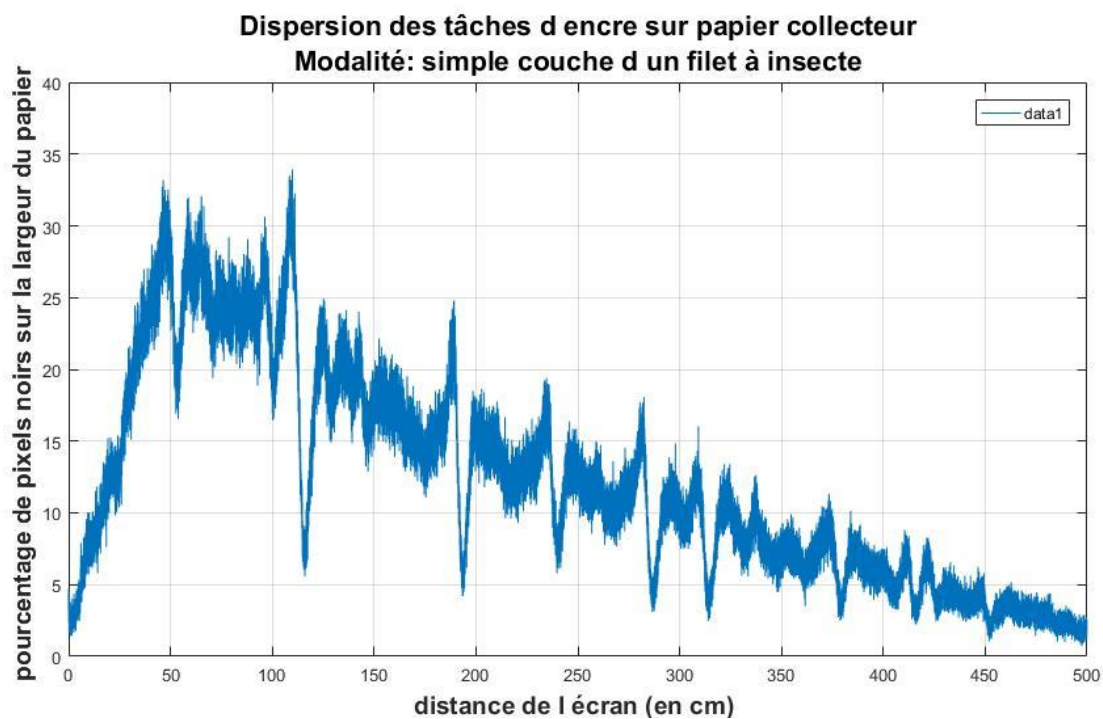
- Aschan-Leygonie, C., Baudet-Michel, S., Harpet, C., Augendre, M., Lavie, É., Grésillon, E. and Hechinger, M., 2015. Comment évaluer l'exposition aux pesticides de l'air en population générale? Enseignements d'une revue bibliographique. *Cybergeo: European Journal of Geography*.
- CORPEN, 2007. Les produits phytosanitaires dans l'air : origine, surveillance et recommandations pratiques en agriculture. Bedos, C., B. Bonicelli, O. Briand, M. Cathala, M. Chevreuil, M. Clement, F. Clostre, B. Grandmougin, T. Delaunay, S. Laucher, A.C. Le Gall, H. Pernin, P. Pernot, O. Petrique, D. Poujeaux, J. Rochard, S. Codis, J.C. Tournayre, L. Tuduri, F. Zavagli. 121 p.
- Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E. and Gabrielle, B., 2002. Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview. *Agronomie*, 22(1), pp.21-33.
- Candolfi, M.P. et al., 2000. *Guidance Document on Regulatory Testing and Risk Assessment Procedures for Plant Protection Products with Non-target Arthropods: From the ESCORT 2 Workshop (European Standard Characteristics of Non-Target Arthropod Regulatory Testing) : a Joint BART, EPPO, SETAC*. Available at: <https://books.google.be/books?id=N4rhNwAACAAJ>.
- Bedos, C., Rousseau-Djabri, M.F., Loubet, B., Durand, B., Flura, D., Briand, O. and Barriuso, E., 2010. Fungicide volatilization measurements: inverse modeling, role of vapor pressure, and state of foliar residue. *Environmental science & technology*, 44(7), pp.2522-2528.
- Coskun, O., 2016. Separation Techniques: CHROMATOGRAPHY. *Northern Clinics of Istanbul*, 3(2), pp.156–160. Available at: <http://www.kuzeyklinikleri.com/jvi.aspx?pdirenci&plng=tur&un=NCI-32757>.
- EFSA (European Food Safety Agency), 2014. Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products. *EFSA Journal*, 12(10), p.3874. Available at: <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2014.3874>.
- Environment, I.S.O.N.N., Ii, D. & Information, A.T.O., 2007. SID 5 Research Project Final Report. *Finance*, 5(020), pp.1–28.
- Epple, J., Maguhn, J., Spitzauer, P. and Kettrup, A., 2002. Input of pesticides by atmospheric deposition. *Geoderma*, 105(3-4), pp.327-349.
- Gil, E., Gallart, M., Balsari, P., Marucco, P., Almajano, M.P. and Llop, J., 2015. Influence of wind velocity and wind direction on measurements of spray drift potential of boom sprayers using drift test bench. *Agricultural and forest meteorology*, 202, pp.94-101.
- Giusti, A., Pirard, C., Charlier, C., Petit, J.C., Crevecoeur, S. and Remy, S., 2018. Selection and ranking method for currently used pesticides (CUPs) monitoring in ambient air. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11(4), pp.385-396.
- Holterman, H.J. and Van de Zande, J.C., 2003. IMAG drift calculator v1. 1: User manual. *IMAG Draft Report*, 39.
- ISO, Internationale, N., 2005. Iso 22866. , 2005.
- Jensen, P.K., 2016. Spray mass balances in pesticide application studies. *Aspects of Applied Biology*, (132), pp.91-96.
- Katagi, T., 2004. Photodegradation of pesticides on plant and soil surfaces. In *Reviews of environmental contamination and toxicology* (pp. 1-78). Springer, New York, NY
- Kromer, T., Ophoff, H., Stork, A. and Führ, F., 2004. Photodegradation and volatility of pesticides. *Environmental Science and Pollution Research*, 11(2), pp.107-120.
- Kubiak, R. et al., 1995. Volatilization of Pesticides from Plant and Soil Surfaces—Field Versus Laboratory Experiments. *International Journal of Environmental Analytical*

- Chemistry*, 58(1–4), pp.349–358. Available at:  
<https://doi.org/10.1080/03067319508033136>.
- Lazzaro, L., Otto, S. & Zanin, G., 2008. Role of hedgerows in intercepting spray drift: Evaluation and modelling of the effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 123(4), pp.317–327.
- Lichiheb, N., 2014. *Pesticide volatilization from plants: experimental approach and modelling* (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- Longdoz, B. & Aubinet, M., 2017. Cours de physique de l'environnement.
- Lukowicz, C., Ellero-Simatos, S., Régnier, M., Polizzi, A., Lasserre, F., Montagner, A., Lippi, Y., Jamin, E.L., Martin, J.F., Naylies, C. and Canlet, C., 2018. Metabolic Effects of a Chronic Dietary Exposure to a Low-Dose Pesticide Cocktail in Mice: Sexual Dimorphism and Role of the Constitutive Androstane Receptor. *Environmental health perspectives*, 67007, p.1
- Ndao, T., 2008. Etude des principaux paramètres permettant une évaluation et une réduction des risques d'exposition des opérateurs lors de l'application de traitements phytosanitaires en cultures maraîchère et cotonnière au Sénégal.
- Nuyttens, D., 2007. *Drift from field crop sprayers: the influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assesment means*.
- Nuyttens, D., De Schampheleire, M., Verboven, P., Brusselman, E. and Dekeyser, D., 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *Transactions of the ASABE*, 52(5), pp.1471-1480.
- Quandt SA, Arcury TA, Rao P, Snively BM, Camann DE, Doran AM, Yau AY, Hoppin JA, Jackson DS. Agricultural and residential pesticides in wipe samples from farmworker family residences in North Carolina and Virginia. *Environmental health perspectives*. 2004 Mar;112(3):382.
- Rüdel, H., 1997. Volatilisation of pesticides from soil and plant surfaces. *Chemosphere*, 35(1-2), pp.143-152.
- De Schampheleire, M., Nuyttens, D., Dekeyser, D., Verboven, P., Spanoghe, P., Cornelis, W., Gabriels, D. and Steurbaut, W., 2009. Deposition of spray drift behind border structures. *Crop protection*, 28(12), pp.1061-1075.
- De Schampheleire, M., Nuyttens, D., Baetens, K., Cornelis, W., Gabriels, D. and Spanoghe, P., 2009. Effects on pesticide spray drift of the physicochemical properties of the spray liquid. *Precision Agriculture*, 10(5), pp.409-420.
- Schiffers, B., *Evaluation des risques Notes de cours Dangers et risques : définitions et notions d ' analyse des risques*,
- Simcox, N.J., Fenske, R.A., Wolz, S.A., Lee, I.C. and Kalman, D.A., 1995. Pesticides in household dust and soil: exposure pathways for children of agricultural families. *Environmental health perspectives*, 103(12), p.1126.
- Steenbekkers, L.P.A., 2001. Methods to study everyday use of products in households: The Wageningen mouthing study as an example. *Annals of Occupational Hygiene*, 45(SUPPL. 1), pp.125–129.
- Stork, A., Ophoff, H., Smelt, J.H. and Fuhr, F., 1998. Volatilization of pesticides: measurements under simulated field conditions.
- Tomlin, C.D.S., 2003. *The Pesticide Manual* Thirteenth. BCPC, ed., Hampshire: Tomlin, C.D. S.
- Wolters, A., 2003. Pesticide volatilization from soil and plant surfaces: measurements at different scales versus model predictions (Doctoral dissertation, Bibliothek der RWTH Aachen).
- Zande, J. van de, Michielsen, J.M.G.P., Stallinga, H., Van Velde, P., 2018. Potential exposure of residents to spray drift (2018).

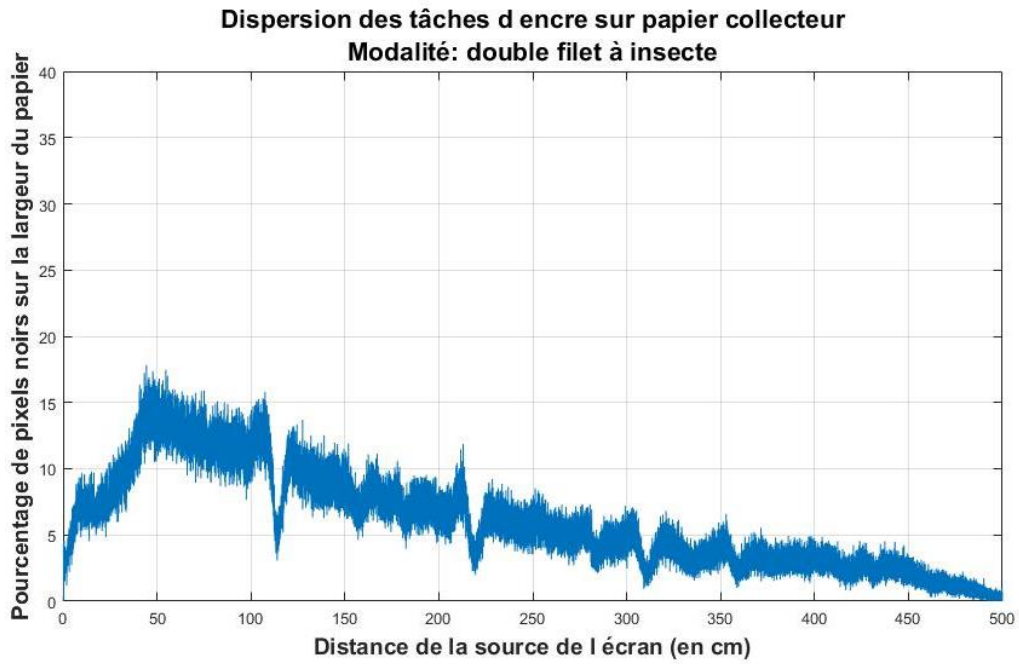
## Annexes



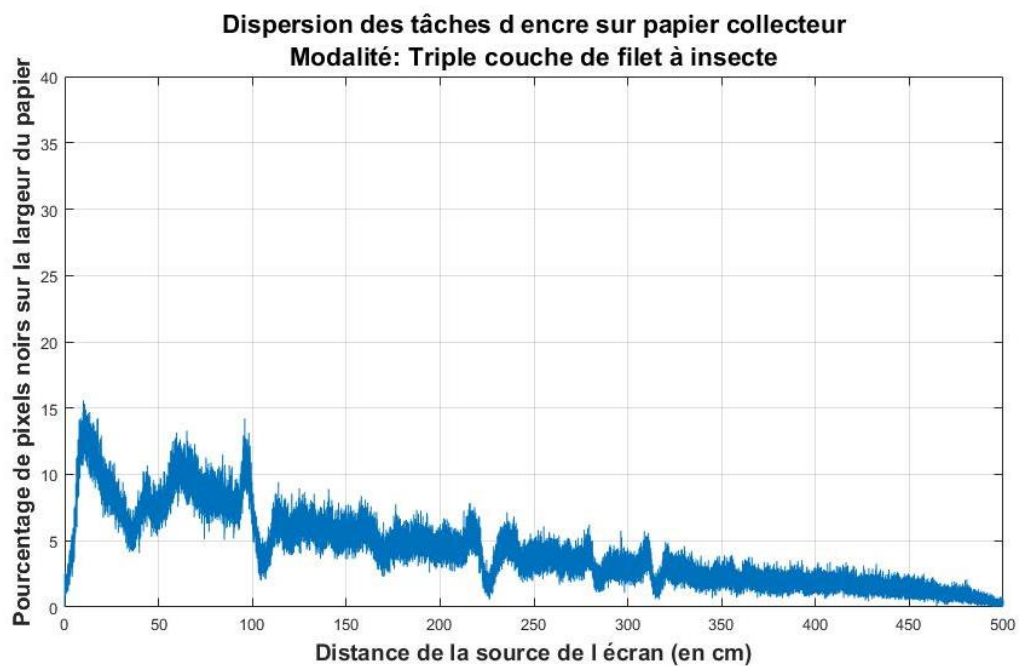
ANNEXE 1 : Graphique représentant la dispersion des tâches d'encre lors des essais en tunnel  
(Modalité : sans filet)



ANNEXE 2 : Graphique représentant la dispersion des tâches d'encre lors des essais en tunnel  
(Modalité : une couche de filet)



**ANNEXE 3: Graphique représentant la dispersion des tâches d'encre lors des essais en tunnel**  
**(Modalité : double couche de filet)**



**ANNEXE 4 : Graphique représentant la dispersion des tâches d'encre lors des essais en tunnel**  
**(Modalité : triple de filet)**

ANNEXE 5 : Tableau de données brutes de l'essai dérive en champ.(E : code de l'essai, W : avec barrière, X : sans barrière)

code expérience	moment	distance	Barrière	Busé	Masse de tartrazine	Masse de tartrazine au m <sup>2</sup>	% tartrazine	% dérive m <sup>2</sup>
E1	matin	0,5	W	B0	0,935198	7,793283	0,0630	0,5248
E1	matin	0,5	W	B0	0,785289	6,544052	0,0529	0,4406
E1	matin	0,5	W	B0	0,788066	6,567186	0,0531	0,4422
E1	matin	0,5	W	B0	0,785289	6,544052	0,0529	0,4406
E1	matin	0,5	W	B0	1,018480	8,487301	0,0686	0,5715
E1	matin	0,5	W	B0	1,121195	9,343255	0,0755	0,6291
E1	matin	2,5	W	B0	0,350395	2,919945	0,0236	0,1966
E1	matin	2,5	W	B0	0,318470	2,653905	0,0214	0,1787
E1	matin	2,5	W	B0	0,491281	4,093991	0,0331	0,2757
E1	matin	2,5	W	B0	0,374685	3,122367	0,0252	0,2102
E1	matin	2,5	W	B0	0,398282	3,319005	0,0268	0,2235
E1	matin	2,5	W	B0	0,310142	2,584503	0,0209	0,1740
E1	matin	5	W	B0	0,222695	1,855785	0,0150	0,1250
E1	matin	5	W	B0	0,189382	1,578178	0,0128	0,1063
E1	matin	5	W	B0	0,186606	1,555044	0,0126	0,1047
E1	matin	5	W	B0	0,143577	1,196469	0,0097	0,0806
E1	matin	5	W	B0	0,166479	1,387324	0,0112	0,0934
E1	matin	5	W	B0	0,192158	1,601312	0,0129	0,1078
E1	matin	7,5	W	B0	0,122756	1,022965	0,0083	0,0689
E1	matin	7,5	W	B0	0,102630	0,855244	0,0069	0,0576
E1	matin	7,5	W	B0	0,240740	2,006156	0,0162	0,1351
E1	matin	7,5	W	B0	0,148435	1,236953	0,0100	0,0833
E1	matin	7,5	W	B0	0,172726	1,439375	0,0116	0,0969
E1	matin	7,5	W	B0	0,178972	1,491426	0,0121	0,1004
E1	matin	10	W	B0	0,089443	0,745358	0,0060	0,0502
E1	matin	10	W	B0	0,110264	0,918862	0,0074	0,0619
E1	matin	10	W	B0	0,162315	1,352623	0,0109	0,0911
E1	matin	10	W	B0	0,158845	1,323705	0,0107	0,0891
E1	matin	10	W	B0	0,146353	1,219603	0,0099	0,0821
E1	matin	10	W	B0	0,153293	1,277438	0,0103	0,0860
E1	matin	15	W	B0	0,083197	0,693306	0,0056	0,0467
E1	matin	15	W	B0	0,087361	0,728007	0,0059	0,0490
E1	matin	15	W	B0	0,084585	0,704873	0,0057	0,0475
E1	matin	15	W	B0	0,073481	0,612338	0,0049	0,0412
E1	matin	15	W	B0	0,074175	0,618121	0,0050	0,0416
E1	matin	15	W	B0	0,094995	0,791625	0,0064	0,0533
E1	matin	25	W	B0	0,060294	0,502452	0,0041	0,0338
E1	matin	25	W	B0	0,063071	0,525586	0,0042	0,0354
E1	matin	25	W	B0	0,156763	1,306355	0,0106	0,0880
E1	matin	25	W	B0	0,072093	0,600771	0,0049	0,0405
E1	matin	25	W	B0	0,056130	0,467751	0,0038	0,0315
E1	matin	25	W	B0	0,040931	0,341093	0,0028	0,0230
E1	matin	35	W	B0	0,070705	0,589204	0,0048	0,0397
E1	matin	35	W	B0	0,067235	0,560286	0,0045	0,0377
E1	matin	35	W	B0	0,062376	0,519802	0,0042	0,0350
E1	matin	35	W	B0	0,068623	0,571853	0,0046	0,0385
E1	matin	35	W	B0	0,042944	0,357865	0,0029	0,0241
E1	matin	35	W	B0	0,042944	0,357865	0,0029	0,0241
E1	matin	50	W	B0	0,049190	0,409916	0,0033	0,0276
E1	matin	50	W	B0	0,067235	0,560286	0,0045	0,0377
E1	matin	50	W	B0	0,029758	0,247979	0,0020	0,0167
E1	matin	50	W	B0	0,045026	0,375215	0,0030	0,0253
E1	matin	50	W	B0	0,038780	0,323164	0,0026	0,0218
E1	matin	50	W	B0	0,032534	0,271113	0,0022	0,0183
E1	matin	0,5	X	B0	2,176106	18,134140	0,1465	1,2211
E1	matin	0,5	X	B0	1,973452	16,445365	0,1329	1,1073
E1	matin	0,5	X	B0	1,415460	11,795449	0,0953	0,7942
E1	matin	0,5	X	B0	1,570920	13,090948	0,1058	0,8815

E1	matin	0,5	X	B0	1,235014	10,291745	0,0832	0,6930
E1	matin	0,5	X	B0	1,154508	9,620862	0,0777	0,6478
E1	matin	2,5	X	B0	0,678666	5,655530	0,0457	0,3808
E1	matin	2,5	X	B0	0,584280	4,868977	0,0393	0,3279
E1	matin	2,5	X	B0	0,491281	4,093991	0,0331	0,2757
E1	matin	2,5	X	B0	0,385096	3,209119	0,0259	0,2161
E1	matin	2,5	X	B0	0,503079	4,192310	0,0339	0,2823
E1	matin	2,5	X	B0	0,489199	4,076640	0,0329	0,2745
E1	matin	5	X	B0	0,187994	1,566611	0,0127	0,1055
E1	matin	5	X	B0	0,173420	1,445158	0,0117	0,0973
E1	matin	5	X	B0	0,474624	3,955187	0,0320	0,2663
E1	matin	5	X	B0	0,266418	2,220144	0,0179	0,1495
E1	matin	5	X	B0	0,183136	1,526127	0,0123	0,1028
E1	matin	5	X	B0	0,253926	2,116042	0,0171	0,1425
E1	matin	7,5	X	B0	0,153293	1,277438	0,0103	0,0860
E1	matin	7,5	X	B0	0,171338	1,427808	0,0115	0,0961
E1	matin	7,5	X	B0	0,326798	2,723307	0,0220	0,1834
E1	matin	7,5	X	B0	0,253926	2,116042	0,0171	0,1425
E1	matin	7,5	X	B0	0,156069	1,300571	0,0105	0,0876
E1	matin	7,5	X	B0	0,113734	0,947779	0,0077	0,0638
E1	matin	10	X	B0	0,174808	1,456725	0,0118	0,0981
E1	matin	10	X	B0	0,181054	1,508777	0,0122	0,1016
E1	matin	10	X	B0	0,142883	1,190685	0,0096	0,0802
E1	matin	10	X	B0	0,092219	0,768492	0,0062	0,0517
E1	matin	10	X	B0	0,088749	0,739574	0,0060	0,0498
E1	matin	10	X	B0	0,166248	1,385396	0,0112	0,0933
E1	matin	15	X	B0	0,105406	0,878378	0,0071	0,0591
E1	matin	15	X	B0	0,114428	0,953563	0,0077	0,0642
E1	matin	15	X	B0	0,073481	0,612338	0,0049	0,0412
E1	matin	15	X	B0	0,122756	1,022965	0,0083	0,0689
E1	matin	15	X	B0	0,061682	0,514019	0,0042	0,0346
E1	matin	15	X	B0	0,077645	0,647039	0,0052	0,0436
E1	matin	25	X	B0	0,061682	0,514019	0,0042	0,0346
E1	matin	25	X	B0	0,058212	0,485101	0,0039	0,0327
E1	matin	25	X	B0	0,052660	0,438833	0,0035	0,0295
E1	matin	25	X	B0	0,050578	0,421483	0,0034	0,0284
E1	matin	25	X	B0	0,044332	0,369432	0,0030	0,0249
E1	matin	25	X	B0	0,067929	0,566070	0,0046	0,0381
E1	matin	35	X	B0	0,058212	0,485101	0,0039	0,0327
E1	matin	35	X	B0	0,054742	0,456184	0,0037	0,0307
E1	matin	35	X	B0	0,029758	0,247979	0,0020	0,0167
E1	matin	35	X	B0	0,066541	0,554503	0,0045	0,0373
E1	matin	35	X	B0	0,033922	0,282680	0,0023	0,0190
E1	matin	35	X	B0	0,031840	0,265329	0,0021	0,0179
E1	matin	50	X	B0	0,048496	0,404133	0,0033	0,0272
E1	matin	50	X	B0	0,027675	0,230628	0,0019	0,0155
E1	matin	50	X	B0	0,035310	0,294246	0,0024	0,0198
E1	matin	50	X	B0	0,049190	0,409916	0,0033	0,0276
E1	matin	50	X	B0	0,054048	0,450400	0,0036	0,0303
E1	matin	50	X	B0	0,057518	0,479318	0,0039	0,0323
E2	matin	0,5	W	B50	0,991046	8,258685	0,0667	0,5561
E2	matin	0,5	W	B50	0,7024083	5,853380	0,0473	0,3941
E2	matin	0,5	W	B50	1,4854455	12,378664	0,1000	0,8335
E2	matin	0,5	W	B50	1,2282436	10,235322	0,0827	0,6892
E2	matin	0,5	W	B50	0,8595873	7,163200	0,0579	0,4823
E2	matin	0,5	W	B50	0,9738993	8,115796	0,0656	0,5465
E2	matin	2,5	W	B50	0,1763165	1,469299	0,0119	0,0989
E2	matin	2,5	W	B50	0,1784598	1,487160	0,0120	0,1001
E2	matin	2,5	W	B50	0,2420459	2,017041	0,0163	0,1358
E2	matin	2,5	W	B50	0,2241847	1,868198	0,0151	0,1258
E2	matin	2,5	W	B50	0,1741732	1,451437	0,0117	0,0977

E2	matin	2,5	W	B50	0,2999164	2,499293	0,0202	0,1683
E2	matin	5	W	B50	0,0470011	0,391674	0,0032	0,0264
E2	matin	5	W	B50	0,0598612	0,498841	0,0040	0,0336
E2	matin	5	W	B50	0,0527167	0,439304	0,0035	0,0296
E2	matin	5	W	B50	0,1627419	1,356178	0,0110	0,0913
E2	matin	5	W	B50	0,0670057	0,558379	0,0045	0,0376
E2	matin	5	W	B50	0,1484529	1,237103	0,0100	0,0833
E2	matin	7,5	W	B50	0,04057	0,338091	0,0027	0,0228
E2	matin	7,5	W	B50	0,05629	0,469073	0,0038	0,0316
E2	matin	7,5	W	B50	0,09344	0,778666	0,0063	0,0524
E2	matin	7,5	W	B50	0,05629	0,469073	0,0038	0,0316
E2	matin	7,5	W	B50	0,06058	0,504795	0,0041	0,0340
E2	matin	7,5	W	B50	0,04271	0,355952	0,0029	0,0240
E2	matin	10	W	B50	0,05629	0,469073	0,0038	0,0316
E2	matin	10	W	B50	0,11487	0,957278	0,0077	0,0645
E2	matin	10	W	B50	0,03414	0,284507	0,0023	0,0192
E2	matin	10	W	B50	0,03414	0,284507	0,0023	0,0192
E2	matin	10	W	B50	0,02485	0,207109	0,0017	0,0139
E2	matin	10	W	B50	0,04986	0,415489	0,0034	0,0280
E2	matin	15	W	B50	0,03700	0,308322	0,0025	0,0208
E2	matin	15	W	B50	0,03914	0,326183	0,0026	0,0220
E2	matin	15	W	B50	0,02843	0,236877	0,0019	0,0160
E2	matin	15	W	B50	0,02700	0,224970	0,0018	0,0151
E2	matin	15	W	B50	0,02200	0,183294	0,0015	0,0123
E2	matin	15	W	B50	0,03343	0,278553	0,0023	0,0188
E2	matin	25	W	B50	0,02271	0,189248	0,0015	0,0127
E2	matin	25	W	B50	0,02557	0,213062	0,0017	0,0143
E2	matin	25	W	B50	0,02628	0,219016	0,0018	0,0147
E2	matin	25	W	B50	0,03200	0,266646	0,0022	0,0180
E2	matin	25	W	B50	0,03628	0,302368	0,0024	0,0204
E2	matin	25	W	B50	0,09487	0,790574	0,0064	0,0532
E2	matin	35	W	B50	0,02342	0,195201	0,0016	0,0131
E2	matin	35	W	B50	0,01842	0,153525	0,0012	0,0103
E2	matin	35	W	B50	0,05272	0,439304	0,0035	0,0296
E2	matin	35	W	B50	0,02843	0,236877	0,0019	0,0160
E2	matin	35	W	B50	0,03128	0,260692	0,0021	0,0176
E2	matin	35	W	B50	0,05129	0,427397	0,0035	0,0288
E2	matin	50	W	B50	0,02557	0,213062	0,0017	0,0143
E2	matin	50	W	B50	0,05272	0,439304	0,0035	0,0296
E2	matin	50	W	B50	0,03700	0,308322	0,0025	0,0208
E2	matin	50	W	B50	0,05486	0,457165	0,0037	0,0308
E2	matin	50	W	B50	0,04914	0,409535	0,0033	0,0276
E2	matin	50	W	B50	0,05057	0,421443	0,0034	0,0284
E2	matin	0,5	X	B50	0,57212	4,767663	0,0385	0,3210
E2	matin	0,5	X	B50	0,41137	3,428075	0,0277	0,2308
E2	matin	0,5	X	B50	1,27397	10,616361	0,0858	0,7148
E2	matin	0,5	X	B50	1,17680	9,806654	0,0792	0,6603
E2	matin	0,5	X	B50	0,51282	4,273504	0,0345	0,2878
E2	matin	0,5	X	B50	0,53997	4,499745	0,0364	0,3030
E2	matin	2,5	X	B50	0,30135	2,511201	0,0203	0,1691
E2	matin	2,5	X	B50	0,32135	2,677905	0,0216	0,1803
E2	matin	2,5	X	B50	0,30420	2,535016	0,0205	0,1707
E2	matin	2,5	X	B50	0,24848	2,070625	0,0167	0,1394
E2	matin	2,5	X	B50	0,25919	2,159931	0,0175	0,1454
E2	matin	2,5	X	B50	0,17846	1,487160	0,0120	0,1001
E2	matin	5	X	B50	0,17989	1,499067	0,0121	0,1009
E2	matin	5	X	B50	0,16346	1,362132	0,0110	0,0917
E2	matin	5	X	B50	0,16846	1,403808	0,0113	0,0945
E2	matin	5	X	B50	0,13559	1,129936	0,0091	0,0761
E2	matin	5	X	B50	0,08630	0,719129	0,0058	0,0484
E2	matin	5	X	B50	0,09344	0,778666	0,0063	0,0524

E2	matin	7,5	X	B50	0,16631	1,385947	0,0112	0,0933
E2	matin	7,5	X	B50	0,13488	1,123983	0,0091	0,0757
E2	matin	7,5	X	B50	0,07272	0,606008	0,0049	0,0408
E2	matin	7,5	X	B50	0,04772	0,397628	0,0032	0,0268
E2	matin	7,5	X	B50	0,07844	0,653638	0,0053	0,0440
E2	matin	7,5	X	B50	0,06058	0,504795	0,0041	0,0340
E2	matin	10	X	B50	0,09701	0,808435	0,0065	0,0544
E2	matin	10	X	B50	0,11487	0,957278	0,0077	0,0645
E2	matin	10	X	B50	0,05700	0,475026	0,0038	0,0320
E2	matin	10	X	B50	0,04986	0,415489	0,0034	0,0280
E2	matin	10	X	B50	0,05057	0,421443	0,0034	0,0284
E2	matin	10	X	B50	0,04414	0,367859	0,0030	0,0248
E2	matin	15	X	B50	0,07844	0,653638	0,0053	0,0440
E2	matin	15	X	B50	0,06486	0,540517	0,0044	0,0364
E2	matin	15	X	B50	0,05129	0,427397	0,0035	0,0288
E2	matin	15	X	B50	0,05200	0,433350	0,0035	0,0292
E2	matin	15	X	B50	-0,00230	-0,019133	-0,0002	-0,0013
E2	matin	15	X	B50	0,00413	0,034451	0,0003	0,0023
E2	matin	25	X	B50	0,00842	0,070173	0,0006	0,0047
E2	matin	25	X	B50	0,00342	0,028497	0,0002	0,0019
E2	matin	25	X	B50	0,01628	0,135664	0,0011	0,0091
E2	matin	25	X	B50	0,00771	0,064219	0,0005	0,0043
E2	matin	25	X	B50	0,00485	0,040404	0,0003	0,0027
E2	matin	25	X	B50	0,00699	0,058266	0,0005	0,0039
E2	matin	35	X	B50	0,00914	0,076127	0,0006	0,0051
E2	matin	35	X	B50	0,01128	0,093988	0,0008	0,0063
E2	matin	35	X	B50	-0,00230	-0,019133	-0,0002	-0,0013
E2	matin	35	X	B50	-0,00087	-0,007225	-0,0001	-0,0005
E2	matin	35	X	B50	0,00556	0,046358	0,0004	0,0031
E2	matin	35	X	B50	0,00556	0,046358	0,0004	0,0031
E2	matin	50	X	B50	0,01699	0,141618	0,0011	0,0095
E2	matin	50	X	B50	0,01985	0,165433	0,0013	0,0111
E2	matin	50	X	B50	0,01056	0,088034	0,0007	0,0059
E2	matin	50	X	B50	0,00413	0,034451	0,0003	0,0023
E2	matin	50	X	B50	0,01557	0,129710	0,0010	0,0087
E2	matin	50	X	B50	0,01699	0,141618	0,0011	0,0095
E3	matin	0,5	W	B75	0,22061	1,838430	0,0149	0,1238
E3	matin	0,5	W	B75	0,24705	2,058718	0,0166	0,1386
E3	matin	0,5	W	B75	0,34778	2,898193	0,0234	0,1951
E3	matin	0,5	W	B75	0,31206	2,600507	0,0210	0,1751
E3	matin	0,5	W	B75	0,42066	3,505473	0,0283	0,2360
E3	matin	0,5	W	B75	0,43209	3,600733	0,0291	0,2425
E3	matin	2,5	W	B75	0,06486	0,540517	0,0044	0,0364
E3	matin	2,5	W	B75	0,07486	0,623870	0,0050	0,0420
E3	matin	2,5	W	B75	0,11130	0,927510	0,0075	0,0625
E3	matin	2,5	W	B75	0,11130	0,927510	0,0075	0,0625
E3	matin	2,5	W	B75	0,14131	1,177566	0,0095	0,0793
E3	matin	2,5	W	B75	0,10559	0,879880	0,0071	0,0592
E3	matin	5	W	B75	0,06058	0,504795	0,0041	0,0340
E3	matin	5	W	B75	0,06343	0,528610	0,0043	0,0356
E3	matin	5	W	B75	0,03486	0,290461	0,0023	0,0196
E3	matin	5	W	B75	0,04200	0,349998	0,0028	0,0236
E3	matin	5	W	B75	0,05057	0,421443	0,0034	0,0284
E3	matin	5	W	B75	0,04986	0,415489	0,0034	0,0280
E3	matin	7,5	W	B75	0,03200	0,266646	0,0022	0,0180
E3	matin	7,5	W	B75	0,03343	0,278553	0,0023	0,0188
E3	matin	7,5	W	B75	0,01842	0,153525	0,0012	0,0103
E3	matin	7,5	W	B75	0,04200	0,349998	0,0028	0,0236
E3	matin	7,5	W	B75	0,02985	0,248785	0,0020	0,0168
E3	matin	7,5	W	B75	0,02700	0,224970	0,0018	0,0151
E3	matin	10	W	B75	0,01628	0,135664	0,0011	0,0091

E3	matin	10	W	B75	0,00985	0,082080	0,0007	0,0055
E3	matin	10	W	B75	0,01699	0,141618	0,0011	0,0095
E3	matin	10	W	B75	0,03057	0,254739	0,0021	0,0172
E3	matin	10	W	B75	34,28059	285,670418	0,0012	0,0103
E3	matin	10	W	B75	0,01771	0,147571	0,0012	0,0099
E3	matin	15	W	B75	0,01128	0,093988	0,0008	0,0063
E3	matin	15	W	B75	0,02057	0,171386	0,0014	0,0115
E3	matin	15	W	B75	0,02200	0,183294	0,0015	0,0123
E3	matin	15	W	B75	0,02271	0,189248	0,0015	0,0127
E3	matin	15	W	B75	0,02414	0,201155	0,0016	0,0135
E3	matin	15	W	B75	0,03057	0,254739	0,0021	0,0172
E3	matin	25	W	B75	0,00985	0,082080	0,0007	0,0055
E3	matin	25	W	B75	0,01557	0,129710	0,0010	0,0087
E3	matin	25	W	B75	0,01628	0,135664	0,0011	0,0091
E3	matin	25	W	B75	0,03843	0,320230	0,0026	0,0216
E3	matin	25	W	B75	0,00842	0,070173	0,0006	0,0047
E3	matin	25	W	B75	0,00771	0,064219	0,0005	0,0043
E3	matin	35	W	B75	0,00771	0,064219	0,0005	0,0043
E3	matin	35	W	B75	0,01771	0,147571	0,0012	0,0099
E3	matin	35	W	B75	0,03700	0,308322	0,0025	0,0208
E3	matin	35	W	B75	0,01985	0,165433	0,0013	0,0111
E3	matin	35	W	B75	0,01342	0,111849	0,0009	0,0075
E3	matin	35	W	B75	0,00985	0,082080	0,0007	0,0055
E3	matin	50	W	B75	0,00628	0,052312	0,0004	0,0035
E3	matin	50	W	B75	0,01771	0,147571	0,0012	0,0099
E3	matin	50	W	B75	0,00413	0,034451	0,0003	0,0023
E3	matin	50	W	B75	0,00628	0,052312	0,0004	0,0035
E3	matin	50	W	B75	0,01414	0,117803	0,0010	0,0079
E3	matin	50	W	B75	0,01242	0,103514	0,0008	0,0070
E3	matin	0,5	X	B75	0,40565	3,380445	0,0273	0,2276
E3	matin	0,5	X	B75	0,35922	2,993453	0,0242	0,2016
E3	matin	0,5	X	B75	0,39279	3,273278	0,0264	0,2204
E3	matin	0,5	X	B75	0,38208	3,183972	0,0257	0,2144
E3	matin	0,5	X	B75	0,30778	2,564784	0,0207	0,1727
E3	matin	0,5	X	B75	0,50854	4,237781	0,0342	0,2853
E3	matin	2,5	X	B75	0,15345	1,278779	0,0103	0,0861
E3	matin	2,5	X	B75	0,11845	0,987047	0,0080	0,0665
E3	matin	2,5	X	B75	0,13988	1,165659	0,0094	0,0785
E3	matin	2,5	X	B75	0,19775	1,647910	0,0133	0,1110
E3	matin	2,5	X	B75	0,18846	1,570512	0,0127	0,1057
E3	matin	2,5	X	B75	0,19704	1,641957	0,0133	0,1106
E3	matin	5	X	B75	0,11487	0,957278	0,0077	0,0645
E3	matin	5	X	B75	0,12845	1,070399	0,0086	0,0721
E3	matin	5	X	B75	0,09487	0,790574	0,0064	0,0532
E3	matin	5	X	B75	0,17132	1,427623	0,0115	0,0961
E3	matin	5	X	B75	0,11987	0,998954	0,0081	0,0673
E3	matin	5	X	B75	0,16774	1,397854	0,0113	0,0941
E3	matin	7,5	X	B75	0,09415	0,784620	0,0063	0,0528
E3	matin	7,5	X	B75	0,12130	1,010862	0,0082	0,0681
E3	matin	7,5	X	B75	0,08915	0,742944	0,0060	0,0500
E3	matin	7,5	X	B75	0,11773	0,981093	0,0079	0,0661
E3	matin	7,5	X	B75	0,12916	1,076353	0,0087	0,0725
E3	matin	7,5	X	B75	0,16631	1,385947	0,0112	0,0933
E3	matin	10	X	B75	0,06486	0,540517	0,0044	0,0364
E3	matin	10	X	B75	0,07344	0,611962	0,0049	0,0412
E3	matin	10	X	B75	0,21132	1,761031	0,0142	0,1186
E3	matin	10	X	B75	0,13988	1,165659	0,0094	0,0785
E3	matin	10	X	B75	0,12202	1,016815	0,0082	0,0685
E3	matin	10	X	B75	0,10130	0,844157	0,0068	0,0568
E3	matin	15	X	B75	0,07629	0,635777	0,0051	0,0428
E3	matin	15	X	B75	0,08915	0,742944	0,0060	0,0500

E3	matin	15	X	B75	0,06558	0,546471	0,0044	0,0368
E3	matin	15	X	B75	0,07987	0,665546	0,0054	0,0448
E3	matin	15	X	B75	0,09344	0,778666	0,0063	0,0524
E3	matin	15	X	B75	0,08344	0,695314	0,0056	0,0468
E3	matin	25	X	B75	0,03771	0,314276	0,0025	0,0212
E3	matin	25	X	B75	0,04986	0,415489	0,0034	0,0280
E3	matin	25	X	B75	0,07486	0,623870	0,0050	0,0420
E3	matin	25	X	B75	0,10130	0,844157	0,0068	0,0568
E3	matin	25	X	B75	0,48210	4,017493	0,0045	0,0375
E3	matin	25	X	B75	0,06272	0,522656	0,0042	0,0352
E3	matin	35	X	B75	0,10344	0,862019	0,0070	0,0580
E3	matin	35	X	B75	0,09058	0,754852	0,0061	0,0508
E3	matin	35	X	B75	0,07201	0,600055	0,0048	0,0404
E3	matin	35	X	B75	0,05986	0,498841	0,0040	0,0336
E3	matin	35	X	B75	0,04129	0,344044	0,0028	0,0232
E3	matin	35	X	B75	0,01414	0,117803	0,0010	0,0079
E3	matin	50	X	B75	0,01271	0,105895	0,0009	0,0071
E3	matin	50	X	B75	0,00000	0,000000	0,0000	0,0000
E3	matin	50	X	B75	0,00413	0,034451	0,0003	0,0023
E3	matin	50	X	B75	0,01842	0,153525	0,0012	0,0103
E3	matin	50	X	B75	0,01342	0,111849	0,0009	0,0075
E3	matin	50	X	B75	0,01985	0,165433	0,0013	0,0111
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,04105	0,342120	0,0028	0,0230
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,05714	0,476198	0,0038	0,0321
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,02846	0,237190	0,0019	0,0160
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,02986	0,248849	0,0020	0,0168
E4	Apres midi	0,5	W	B0	0,04036	0,336291	0,0027	0,0226
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,04175	0,347950	0,0028	0,0234
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,03756	0,312973	0,0025	0,0211
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,04665	0,388756	0,0031	0,0262
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,04525	0,377097	0,0030	0,0254
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,03266	0,272167	0,0022	0,0183
E4	Apres midi	2,5	W	B0	0,03546	0,295485	0,0024	0,0199
E4	Apres midi	5	W	B0	0,04525	0,377097	0,0030	0,0254
E4	Apres midi	5	W	B0	0,04805	0,400415	0,0032	0,0270
E4	Apres midi	5	W	B0	0,04385	0,365438	0,0030	0,0246
E4	Apres midi	5	W	B0	0,05295	0,441221	0,0036	0,0297
E4	Apres midi	5	W	B0	0,05714	0,476198	0,0038	0,0321
E4	Apres midi	5	W	B0	0,03966	0,330461	0,0027	0,0223
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,02007	0,167236	0,0014	0,0113
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,03896	0,324632	0,0026	0,0219
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	7,5	W	B0	0,03476	0,289655	0,0023	0,0195
E4	Apres midi	10	W	B0	0,02357	0,196383	0,0016	0,0132
E4	Apres midi	10	W	B0	0,03896	0,324632	0,0026	0,0219
E4	Apres midi	10	W	B0	0,02776	0,231360	0,0019	0,0156
E4	Apres midi	10	W	B0	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E4	Apres midi	10	W	B0	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E4	Apres midi	10	W	B0	0,02287	0,190554	0,0015	0,0128
E4	Apres midi	15	W	B0	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E4	Apres midi	15	W	B0	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E4	Apres midi	15	W	B0	0,02427	0,202213	0,0016	0,0136
E4	Apres midi	15	W	B0	0,02007	0,167236	0,0014	0,0113
E4	Apres midi	15	W	B0	0,01727	0,143918	0,0012	0,0097
E4	Apres midi	15	W	B0	0,02566	0,213872	0,0017	0,0144
E4	Apres midi	25	W	B0	0,03476	0,289655	0,0023	0,0195
E4	Apres midi	25	W	B0	0,05295	0,441221	0,0036	0,0297
E4	Apres midi	25	W	B0	0,02636	0,219701	0,0018	0,0148

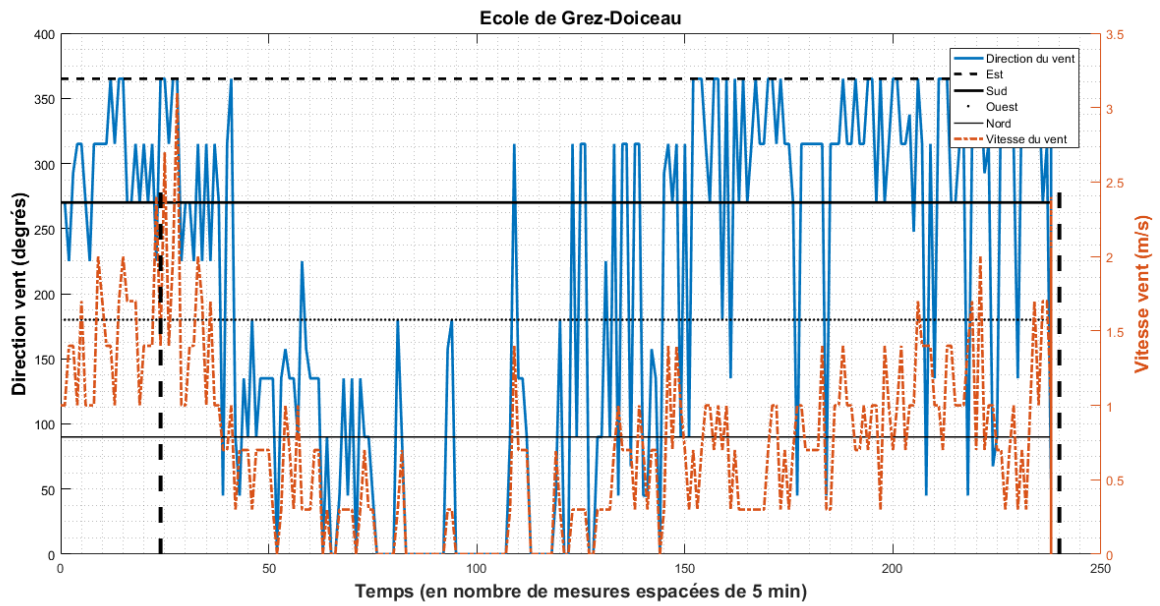
E4	Apres midi	25	W	B0	0,01237	0,103112	0,0008	0,0069
E4	Apres midi	25	W	B0	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E4	Apres midi	25	W	B0	0,01587	0,132259	0,0011	0,0089
E4	Apres midi	35	W	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	35	W	B0	0,01307	0,108941	0,0009	0,0073
E4	Apres midi	35	W	B0	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E4	Apres midi	35	W	B0	0,01307	0,108941	0,0009	0,0073
E4	Apres midi	35	W	B0	0,00818	0,068135	0,0006	0,0046
E4	Apres midi	35	W	B0	0,00188	0,015670	0,0001	0,0011
E4	Apres midi	50	W	B0	0,02986	0,248849	0,0020	0,0168
E4	Apres midi	50	W	B0	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E4	Apres midi	50	W	B0	0,04735	0,394586	0,0032	0,0266
E4	Apres midi	50	W	B0	0,02916	0,243019	0,0020	0,0164
E4	Apres midi	50	W	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	50	W	B0	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,03266	0,272167	0,0022	0,0183
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,01307	0,108941	0,0009	0,0073
E4	Apres midi	0,5	X	B0	0,03266	0,272167	0,0022	0,0183
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,00678	0,056476	0,0005	0,0038
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,02427	0,202213	0,0016	0,0136
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,03406	0,283826	0,0023	0,0191
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,04245	0,353779	0,0029	0,0238
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,02636	0,219701	0,0018	0,0148
E4	Apres midi	2,5	X	B0	0,02217	0,184725	0,0015	0,0124
E4	Apres midi	5	X	B0	0,04175	0,347950	0,0028	0,0234
E4	Apres midi	5	X	B0	0,02566	0,213872	0,0017	0,0144
E4	Apres midi	5	X	B0	0,03476	0,289655	0,0023	0,0195
E4	Apres midi	5	X	B0	0,03056	0,254678	0,0021	0,0171
E4	Apres midi	5	X	B0	0,01307	0,108941	0,0009	0,0073
E4	Apres midi	5	X	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,02497	0,208042	0,0017	0,0140
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,02916	0,243019	0,0020	0,0164
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,01727	0,143918	0,0012	0,0097
E4	Apres midi	7,5	X	B0	0,04875	0,406245	0,0033	0,0274
E4	Apres midi	10	X	B0	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E4	Apres midi	10	X	B0	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E4	Apres midi	10	X	B0	0,02986	0,248849	0,0020	0,0168
E4	Apres midi	10	X	B0	0,05924	0,493687	0,0040	0,0332
E4	Apres midi	10	X	B0	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E4	Apres midi	10	X	B0	0,02287	0,190554	0,0015	0,0128
E4	Apres midi	15	X	B0	0,02217	0,184725	0,0015	0,0124
E4	Apres midi	15	X	B0	0,03336	0,277996	0,0022	0,0187
E4	Apres midi	15	X	B0	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E4	Apres midi	15	X	B0	0,02357	0,196383	0,0016	0,0132
E4	Apres midi	15	X	B0	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E4	Apres midi	15	X	B0	0,01587	0,132259	0,0011	0,0089
E4	Apres midi	25	X	B0	0,00748	0,062305	0,0005	0,0042
E4	Apres midi	25	X	B0	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E4	Apres midi	25	X	B0	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E4	Apres midi	25	X	B0	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E4	Apres midi	25	X	B0	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E4	Apres midi	25	X	B0	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E4	Apres midi	35	X	B0	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E4	Apres midi	35	X	B0	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E4	Apres midi	35	X	B0	0,01657	0,138089	0,0011	0,0093
E4	Apres midi	35	X	B0	0,01727	0,143918	0,0012	0,0097

E4	Apres midi	35	X	B0	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E4	Apres midi	35	X	B0	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E4	Apres midi	50	X	B0	0,01307	0,108941	0,0009	0,0073
E4	Apres midi	50	X	B0	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E4	Apres midi	50	X	B0	0,03056	0,254678	0,0021	0,0171
E4	Apres midi	50	X	B0	0,07183	0,598617	0,0048	0,0403
E4	Apres midi	50	X	B0	0,00958	0,079794	0,0006	0,0054
E4	Apres midi	50	X	B0	0,00818	0,068135	0,0006	0,0046
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,09002	0,750184	0,0061	0,0505
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,03826	0,318802	0,0026	0,0215
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,06904	0,575299	0,0046	0,0387
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E5	Apres midi	0,5	W	B50	0,00888	0,073964	0,0006	0,0050
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,04245	0,353779	0,0029	0,0238
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,02497	0,208042	0,0017	0,0140
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,01657	0,138089	0,0011	0,0093
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	2,5	W	B50	0,00468	0,038988	0,0003	0,0026
E5	Apres midi	5	W	B50	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E5	Apres midi	5	W	B50	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E5	Apres midi	5	W	B50	0,01657	0,138089	0,0011	0,0093
E5	Apres midi	5	W	B50	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E5	Apres midi	5	W	B50	0,00398	0,033158	0,0003	0,0022
E5	Apres midi	5	W	B50	0,00818	0,068135	0,0006	0,0046
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,02217	0,184725	0,0015	0,0124
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,00888	0,073964	0,0006	0,0050
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,02986	0,248849	0,0020	0,0168
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,01867	0,155577	0,0013	0,0105
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E5	Apres midi	7,5	W	B50	0,01237	0,103112	0,0008	0,0069
E5	Apres midi	10	W	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	10	W	B50	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E5	Apres midi	10	W	B50	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E5	Apres midi	10	W	B50	0,06344	0,528664	0,0043	0,0356
E5	Apres midi	10	W	B50	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E5	Apres midi	10	W	B50	0,00468	0,038988	0,0003	0,0026
E5	Apres midi	15	W	B50	0,00328	0,027329	0,0002	0,0018
E5	Apres midi	15	W	B50	0,01447	0,120600	0,0010	0,0081
E5	Apres midi	15	W	B50	0,00468	0,038988	0,0003	0,0026
E5	Apres midi	15	W	B50	0,02007	0,167236	0,0014	0,0113
E5	Apres midi	15	W	B50	0,00468	0,038988	0,0003	0,0026
E5	Apres midi	15	W	B50	0,00118	0,009840	0,0001	0,0007
E5	Apres midi	25	W	B50	0,00118	0,009840	0,0001	0,0007
E5	Apres midi	25	W	B50	-0,00022	-0,001819	0,0000	-0,0001
E5	Apres midi	25	W	B50	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E5	Apres midi	25	W	B50	0,01237	0,103112	0,0008	0,0069
E5	Apres midi	25	W	B50	0,01727	0,143918	0,0012	0,0097
E5	Apres midi	25	W	B50	0,00468	0,038988	0,0003	0,0026
E5	Apres midi	35	W	B50	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E5	Apres midi	35	W	B50	0,00678	0,056476	0,0005	0,0038
E5	Apres midi	35	W	B50	0,00000	0,000000	0,0000	0,0000
E5	Apres midi	35	W	B50	0,00398	0,033158	0,0003	0,0022
E5	Apres midi	35	W	B50	0,00048	0,004011	0,0000	0,0003
E5	Apres midi	35	W	B50	0,00000	0,000000	0,0000	0,0000
E5	Apres midi	50	W	B50	0,00748	0,062305	0,0005	0,0042
E5	Apres midi	50	W	B50	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E5	Apres midi	50	W	B50	0,03266	0,272167	0,0022	0,0183
E5	Apres midi	50	W	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	50	W	B50	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062

E5	Apres midi	50	W	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,07183	0,598617	0,0048	0,0403
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,12080	1,006681	0,0081	0,0678
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,04735	0,394586	0,0032	0,0266
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,10331	0,860944	0,0070	0,0580
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	0,5	X	B50	0,00398	0,033158	0,0003	0,0022
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,04105	0,342120	0,0028	0,0230
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,03616	0,301314	0,0024	0,0203
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,03336	0,277996	0,0022	0,0187
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,01167	0,097282	0,0008	0,0066
E5	Apres midi	2,5	X	B50	0,02147	0,178895	0,0014	0,0120
E5	Apres midi	5	X	B50	0,05015	0,417904	0,0034	0,0281
E5	Apres midi	5	X	B50	0,02636	0,219701	0,0018	0,0148
E5	Apres midi	5	X	B50	0,03896	0,324632	0,0026	0,0219
E5	Apres midi	5	X	B50	0,01937	0,161407	0,0013	0,0109
E5	Apres midi	5	X	B50	0,00188	0,015670	0,0001	0,0011
E5	Apres midi	5	X	B50	0,00608	0,050647	0,0004	0,0034
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,04455	0,371268	0,0030	0,0250
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,06134	0,511175	0,0041	0,0344
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,03756	0,312973	0,0025	0,0211
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,09352	0,779331	0,0063	0,0525
E5	Apres midi	7,5	X	B50	0,09772	0,814308	0,0066	0,0548
E5	Apres midi	10	X	B50	0,04525	0,377097	0,0030	0,0254
E5	Apres midi	10	X	B50	0,02357	0,196383	0,0016	0,0132
E5	Apres midi	10	X	B50	0,02007	0,167236	0,0014	0,0113
E5	Apres midi	10	X	B50	0,00538	0,044817	0,0004	0,0030
E5	Apres midi	10	X	B50	0,01027	0,085623	0,0007	0,0058
E5	Apres midi	10	X	B50	0,01517	0,126430	0,0010	0,0085
E5	Apres midi	15	X	B50	0,00748	0,062305	0,0005	0,0042
E5	Apres midi	15	X	B50	0,00538	0,044817	0,0004	0,0030
E5	Apres midi	15	X	B50	0,00888	0,073964	0,0006	0,0050
E5	Apres midi	15	X	B50	0,01657	0,138089	0,0011	0,0093
E5	Apres midi	15	X	B50	0,02357	0,196383	0,0016	0,0132
E5	Apres midi	15	X	B50	0,00748	0,062305	0,0005	0,0042
E5	Apres midi	25	X	B50	0,02007	0,167236	0,0014	0,0113
E5	Apres midi	25	X	B50	0,00538	0,044817	0,0004	0,0030
E5	Apres midi	25	X	B50	0,02566	0,213872	0,0017	0,0144
E5	Apres midi	25	X	B50	0,04175	0,347950	0,0028	0,0234
E5	Apres midi	25	X	B50	0,02077	0,173066	0,0014	0,0117
E5	Apres midi	25	X	B50	0,01657	0,138089	0,0011	0,0093
E5	Apres midi	35	X	B50	0,00958	0,079794	0,0006	0,0054
E5	Apres midi	35	X	B50	0,01237	0,103112	0,0008	0,0069
E5	Apres midi	35	X	B50	0,02916	0,243019	0,0020	0,0164
E5	Apres midi	35	X	B50	0,02846	0,237190	0,0019	0,0160
E5	Apres midi	35	X	B50	0,03406	0,283826	0,0023	0,0191
E5	Apres midi	35	X	B50	0,07953	0,662742	0,0054	0,0446
E5	Apres midi	50	X	B50	0,02287	0,190554	0,0015	0,0128
E5	Apres midi	50	X	B50	0,01097	0,091453	0,0007	0,0062
E5	Apres midi	50	X	B50	0,02566	0,213872	0,0017	0,0144
E5	Apres midi	50	X	B50	0,04036	0,336291	0,0027	0,0226
E5	Apres midi	50	X	B50	0,03896	0,324632	0,0026	0,0219
E5	Apres midi	50	X	B50	0,03756	0,312973	0,0025	0,0211
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,43160	3,596612	0,0291	0,2422
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,44825	3,735415	0,0302	0,2515
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,28099	2,341597	0,0189	0,1577
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,38510	3,209119	0,0259	0,2161
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,20604	1,716982	0,0139	0,1156
E6	Apres midi	0,5	W	B75	0,13733	1,144418	0,0092	0,0771

E6	Après midi	2,5	W	B75	0,07973	0,664389	0,0054	0,0447
E6	Après midi	2,5	W	B75	0,05752	0,479318	0,0039	0,0323
E6	Après midi	2,5	W	B75	0,06862	0,571853	0,0046	0,0385
E6	Après midi	2,5	W	B75	0,09291	0,774275	0,0063	0,0521
E6	Après midi	2,5	W	B75	0,09638	0,803192	0,0065	0,0541
E6	Après midi	2,5	W	B75	0,06238	0,519802	0,0042	0,0350
E6	Après midi	5	W	B75	0,05544	0,461967	0,0037	0,0311
E6	Après midi	5	W	B75	0,03115	0,259546	0,0021	0,0175
E6	Après midi	5	W	B75	0,04711	0,392566	0,0032	0,0264
E6	Après midi	5	W	B75	0,04086	0,340514	0,0028	0,0229
E6	Après midi	5	W	B75	0,06029	0,502452	0,0041	0,0338
E6	Après midi	5	W	B75	0,06376	0,531369	0,0043	0,0358
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,01727	0,143876	0,0012	0,0097
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,02559	0,213278	0,0017	0,0144
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,05127	0,427266	0,0035	0,0288
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,02074	0,172793	0,0014	0,0116
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,02143	0,178577	0,0014	0,0120
E6	Après midi	7,5	W	B75	0,01865	0,155443	0,0013	0,0105
E6	Après midi	10	W	B75	0,03115	0,259546	0,0021	0,0175
E6	Après midi	10	W	B75	0,02976	0,247979	0,0020	0,0167
E6	Après midi	10	W	B75	0,04225	0,352081	0,0028	0,0237
E6	Après midi	10	W	B75	0,01935	0,161226	0,0013	0,0109
E6	Après midi	10	W	B75	0,02421	0,201711	0,0016	0,0136
E6	Après midi	10	W	B75	0,03115	0,259546	0,0021	0,0175
E6	Après midi	15	W	B75	0,01865	0,155443	0,0013	0,0105
E6	Après midi	15	W	B75	0,01241	0,103392	0,0008	0,0070
E6	Après midi	15	W	B75	0,02768	0,230628	0,0019	0,0155
E6	Après midi	15	W	B75	0,02906	0,242195	0,0020	0,0163
E6	Après midi	15	W	B75	0,02074	0,172793	0,0014	0,0116
E6	Après midi	15	W	B75	0,01102	0,091825	0,0007	0,0062
E6	Après midi	25	W	B75	0,00616	0,051340	0,0004	0,0035
E6	Après midi	25	W	B75	0,01171	0,097608	0,0008	0,0066
E6	Après midi	25	W	B75	0,01865	0,155443	0,0013	0,0105
E6	Après midi	25	W	B75	0,02074	0,172793	0,0014	0,0116
E6	Après midi	25	W	B75	0,01796	0,149660	0,0012	0,0101
E6	Après midi	25	W	B75	0,01102	0,091825	0,0007	0,0062
E6	Après midi	35	W	B75	0,01727	0,143876	0,0012	0,0097
E6	Après midi	35	W	B75	0,02559	0,213278	0,0017	0,0144
E6	Après midi	35	W	B75	0,01865	0,155443	0,0013	0,0105
E6	Après midi	35	W	B75	0,01518	0,126526	0,0010	0,0085
E6	Après midi	35	W	B75	0,01727	0,143876	0,0012	0,0097
E6	Après midi	35	W	B75	0,00824	0,068691	0,0006	0,0046
E6	Après midi	50	W	B75	0,05405	0,450400	0,0036	0,0303
E6	Après midi	50	W	B75	0,04641	0,386782	0,0031	0,0260
E6	Après midi	50	W	B75	0,04045	0,337044	0,0027	0,0227
E6	Après midi	50	W	B75	0,06029	0,502452	0,0041	0,0338
E6	Après midi	50	W	B75	0,03323	0,276896	0,0022	0,0186
E6	Après midi	50	W	B75	0,00824	0,068691	0,0006	0,0046
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,04537	0,378107	0,0031	0,0255
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,75987	6,332196	0,0512	0,4264
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,32472	2,705956	0,0219	0,1822
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,47879	3,989888	0,0322	0,2687
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,70087	5,840601	0,0472	0,3933
E6	Après midi	0,5	X	B75	0,53431	4,452566	0,0360	0,2998
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,17203	1,433591	0,0116	0,0965
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,12137	1,011398	0,0082	0,0681
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,07834	0,652822	0,0053	0,0440
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,08875	0,739574	0,0060	0,0498
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,31431	2,619204	0,0212	0,1764
E6	Après midi	2,5	X	B75	0,33374	2,781142	0,0225	0,1873
E6	Après midi	5	X	B75	0,04850	0,404133	0,0033	0,0272

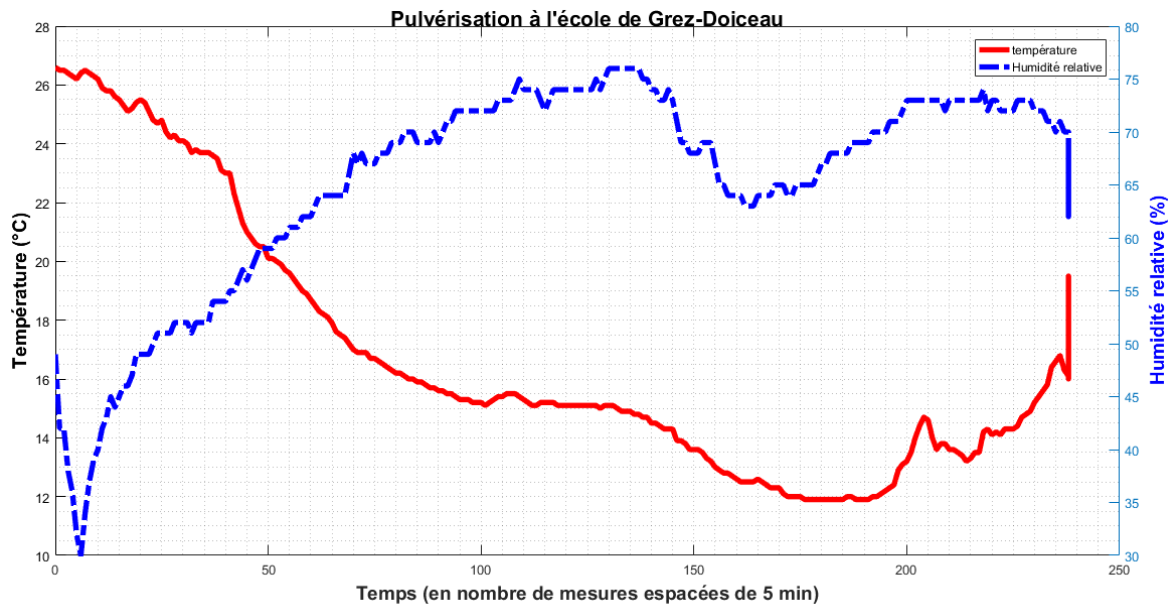
E6	Apres midi	5	X	B75	0,06099	0,508235	0,0041	0,0342
E6	Apres midi	5	X	B75	0,06515	0,542936	0,0044	0,0366
E6	Apres midi	5	X	B75	0,08944	0,745358	0,0060	0,0502
E6	Apres midi	5	X	B75	0,09638	0,803192	0,0065	0,0541
E6	Apres midi	5	X	B75	0,09153	0,762708	0,0062	0,0514
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,03184	0,265329	0,0021	0,0179
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,03392	0,282680	0,0023	0,0190
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,07140	0,594987	0,0048	0,0401
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,06376	0,531369	0,0043	0,0358
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,04572	0,380999	0,0031	0,0257
E6	Apres midi	7,5	X	B75	0,03739	0,311597	0,0025	0,0210
E6	Apres midi	10	X	B75	0,02906	0,242195	0,0020	0,0163
E6	Apres midi	10	X	B75	0,02559	0,213278	0,0017	0,0144
E6	Apres midi	10	X	B75	0,03253	0,271113	0,0022	0,0183
E6	Apres midi	10	X	B75	0,04503	0,375215	0,0030	0,0253
E6	Apres midi	10	X	B75	0,02906	0,242195	0,0020	0,0163
E6	Apres midi	10	X	B75	0,01935	0,161226	0,0013	0,0109
E6	Apres midi	15	X	B75	0,03115	0,259546	0,0021	0,0175
E6	Apres midi	15	X	B75	0,01935	0,161226	0,0013	0,0109
E6	Apres midi	15	X	B75	0,01380	0,114959	0,0009	0,0077
E6	Apres midi	15	X	B75	0,02906	0,242195	0,0020	0,0163
E6	Apres midi	15	X	B75	0,02906	0,242195	0,0020	0,0163
E6	Apres midi	15	X	B75	0,02282	0,190144	0,0015	0,0128
E6	Apres midi	25	X	B75	0,01102	0,091825	0,0007	0,0062
E6	Apres midi	25	X	B75	0,02351	0,195927	0,0016	0,0132
E6	Apres midi	25	X	B75	0,01935	0,161226	0,0013	0,0109
E6	Apres midi	25	X	B75	0,02074	0,172793	0,0014	0,0116
E6	Apres midi	25	X	B75	0,01796	0,149660	0,0012	0,0101
E6	Apres midi	25	X	B75	0,02143	0,178577	0,0014	0,0120
E6	Apres midi	35	X	B75	0,02282	0,190144	0,0015	0,0128
E6	Apres midi	35	X	B75	0,01935	0,161226	0,0013	0,0109
E6	Apres midi	35	X	B75	0,01449	0,120742	0,0010	0,0081
E6	Apres midi	35	X	B75	0,01102	0,091825	0,0007	0,0062
E6	Apres midi	35	X	B75	0,02004	0,167010	0,0013	0,0112
E6	Apres midi	35	X	B75	0,03115	0,259546	0,0021	0,0175
E6	Apres midi	50	X	B75	0,00755	0,062907	0,0005	0,0042
E6	Apres midi	50	X	B75	0,00200	0,016640	0,0001	0,0011
E6	Apres midi	50	X	B75	0,00963	0,080258	0,0006	0,0054
E6	Apres midi	50	X	B75	0,00408	0,033990	0,0003	0,0023
E6	Apres midi	50	X	B75	0,01032	0,086041	0,0007	0,0058
E6	Apres midi	50	X	B75	0,00000	0,000000	0,0000	0,0000



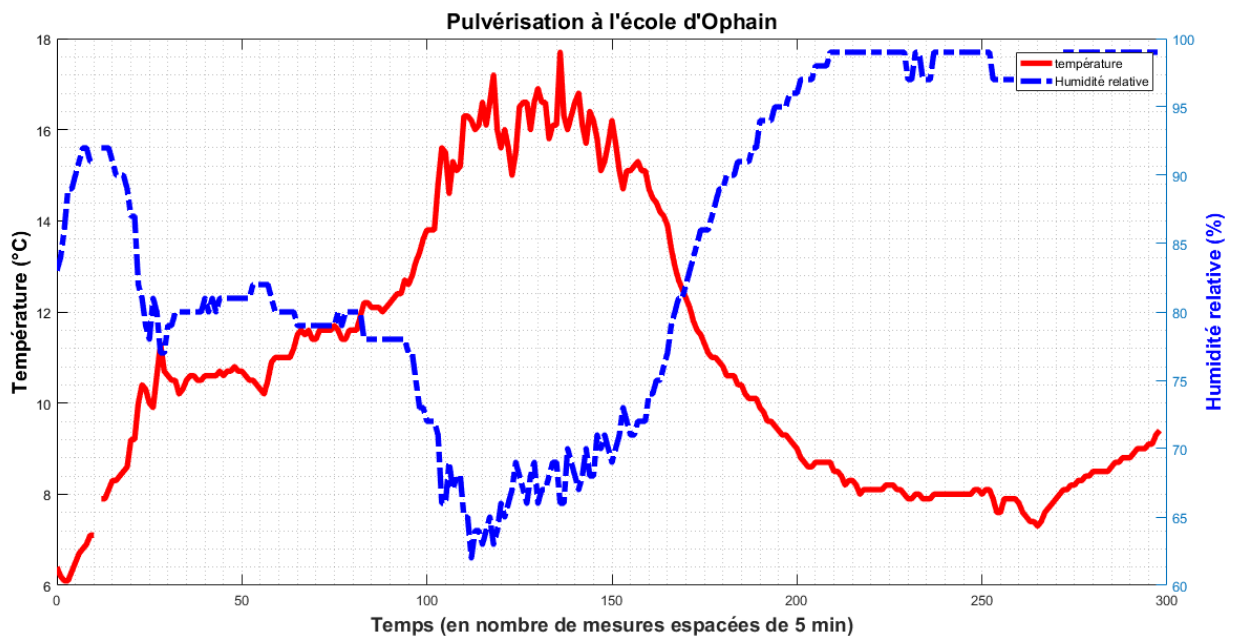
**ANNEXE 6 : Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école de Grez-Doiceau (essai n°1)**



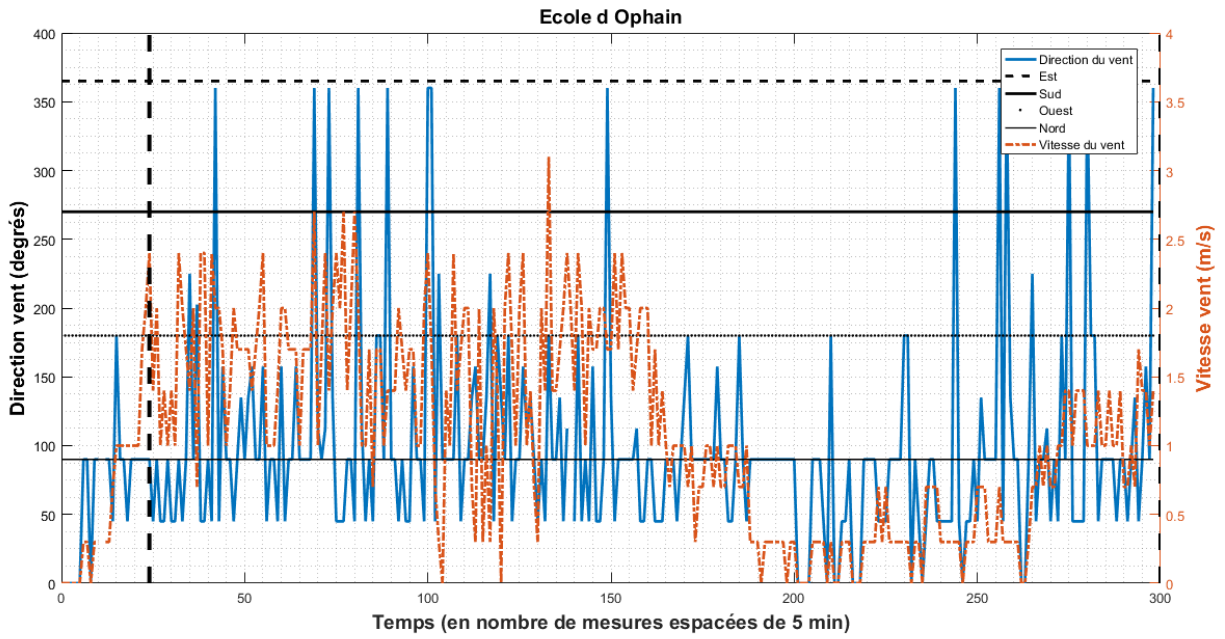
**ANNEXE 7: Carte montrant des alentours de l'école de Grez-Doiceau (centre du cercle) sur un rayon de 1 km (cercle blanc) (Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°1)**



**ANNEXE 8 : Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école de Grez-Doiceau (essai n°1)**



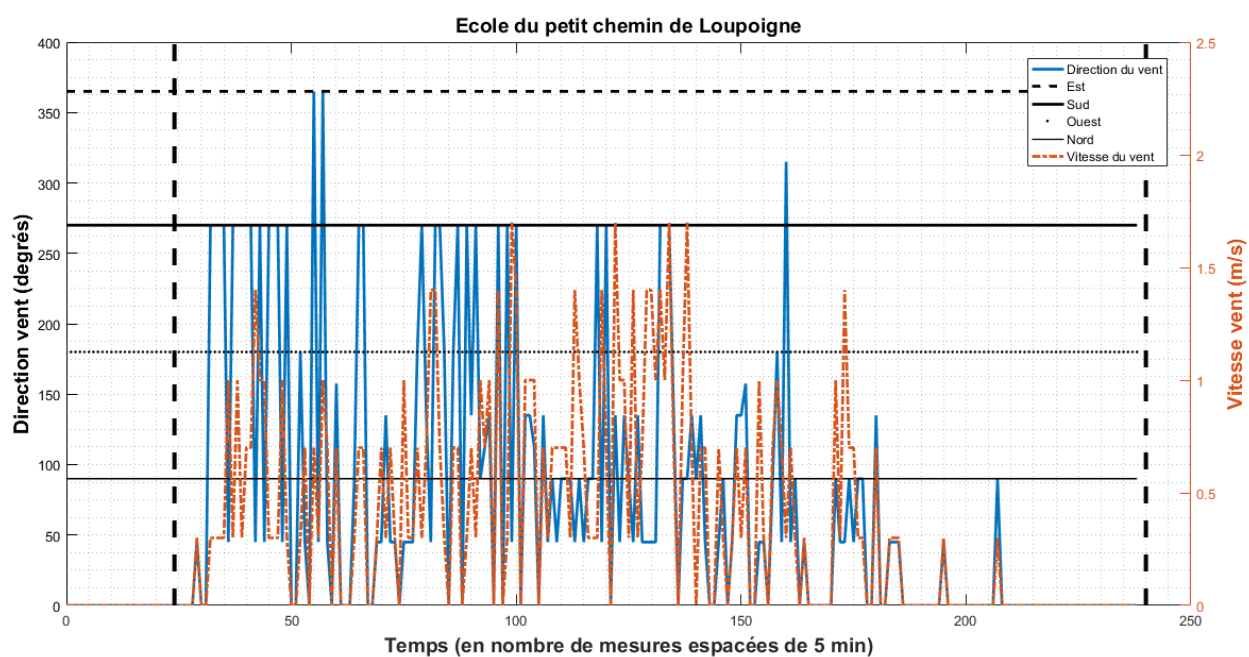
**ANNEXE 9: Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école d'Ophain (essai n°2)**



ANNEXE 10: Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école d'Ophain (essai n°2)



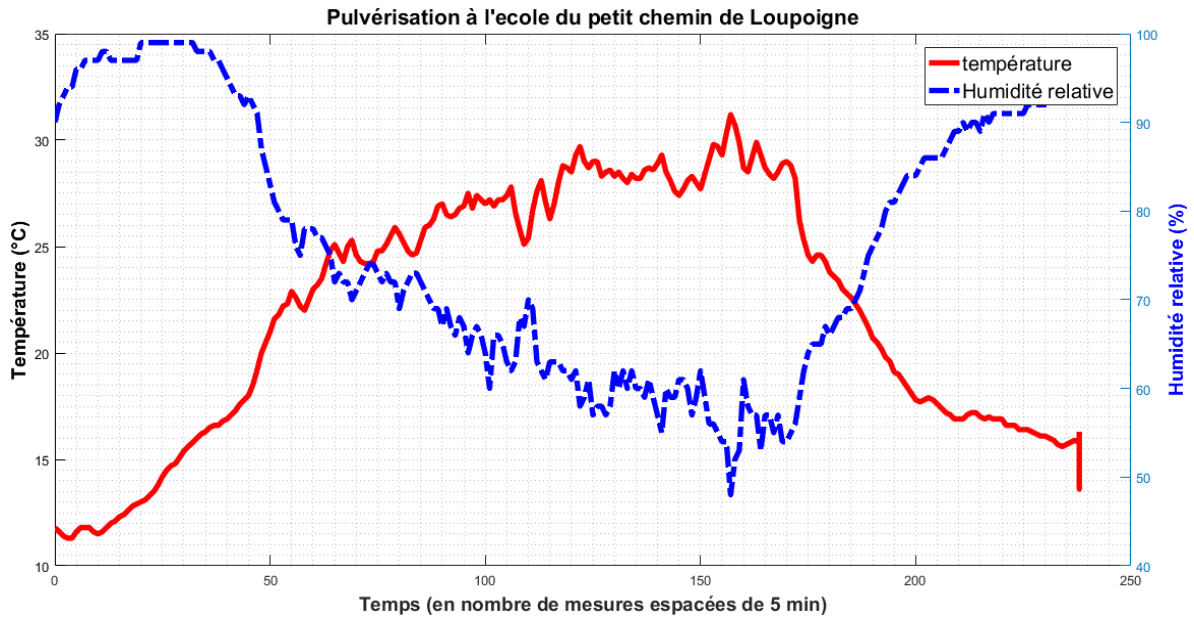
ANNEXE 11: Carte montrant les cultures présentes aux alentours de l'école d'Ophain (centre du cercle) sur un rayon de 1 km (cercle jaune) (Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°2)



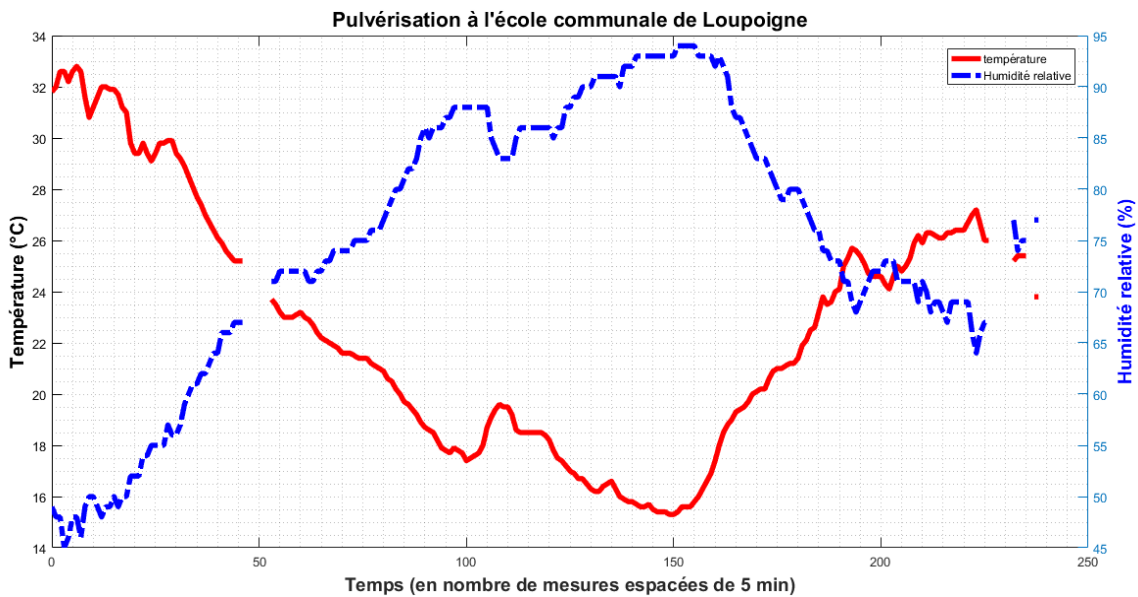
**ANNEXE 12: Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école du petit chemin à Loupoigne (essai n°3)**



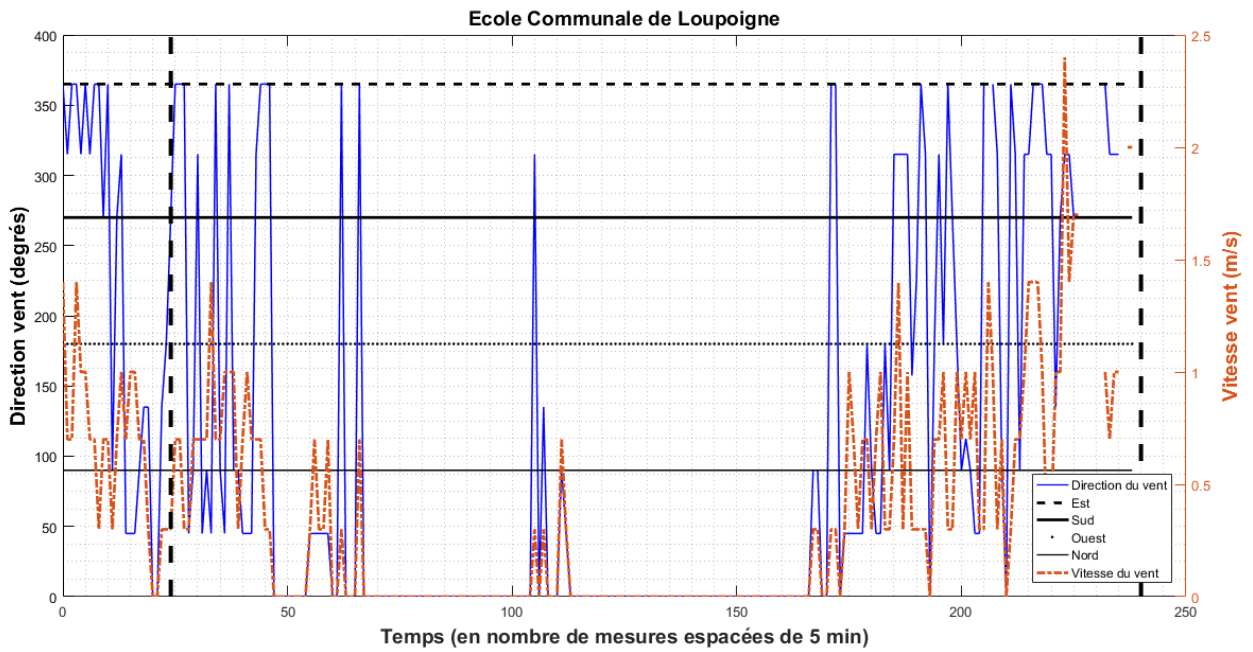
**ANNEXE 13: Carte montrant des alentours de l'école du petit chemin de Loupoigne (centre du cercle) sur un rayon de 1 km (cercle Jaune) (Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°3)**



**ANNEXE 14: Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école du petit chemin à Loupaigne (essai n°3)**



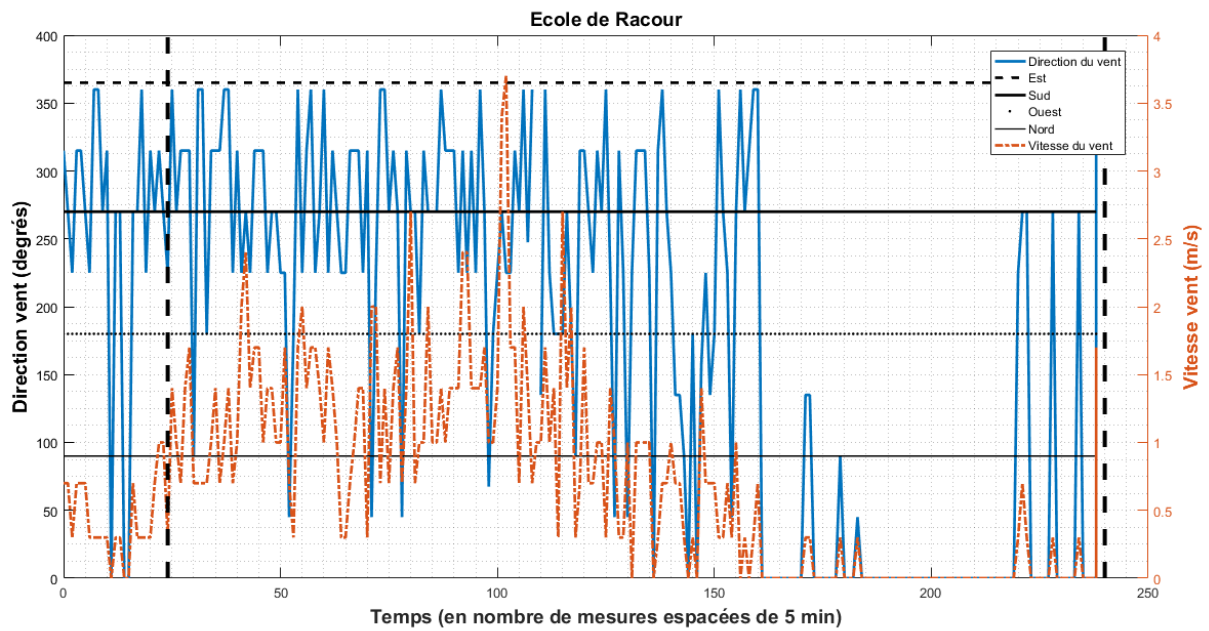
**ANNEXE 15: Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école communale Loupaigne (essai n°4)**



**ANNEXE 16: Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école communale Loupoigne (essai n°4)**



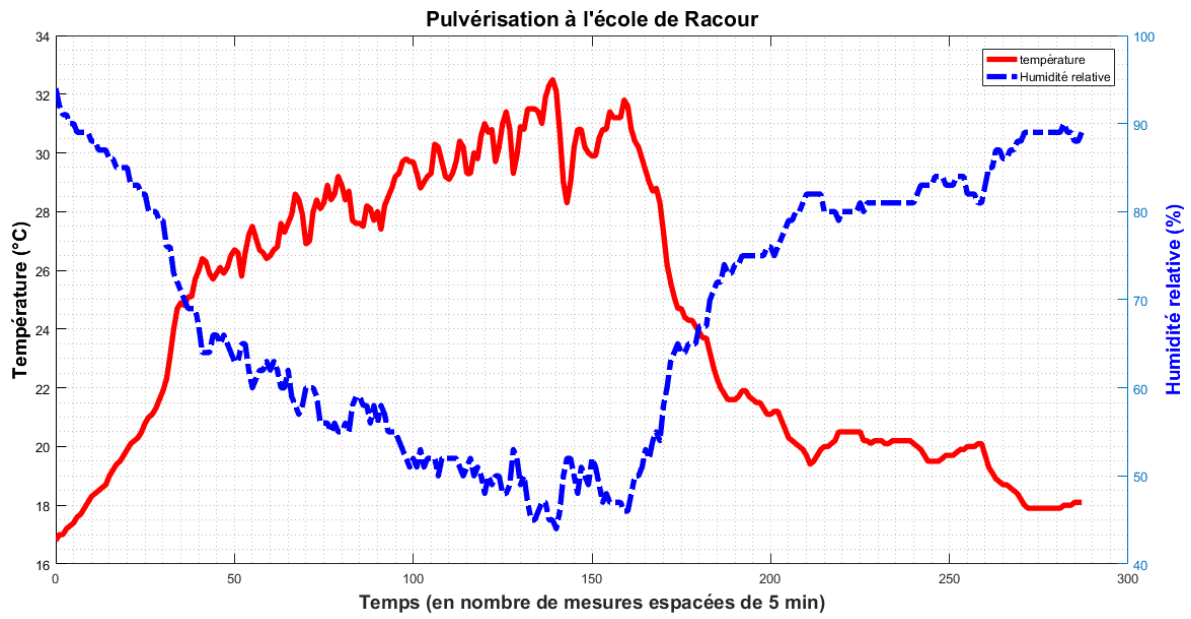
**ANNEXE 17: Carte montrant des alentours de l'école communale Loupoigne (centre du cercle) sur un rayon de 1 km (cercle Jaune) (Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°4)**



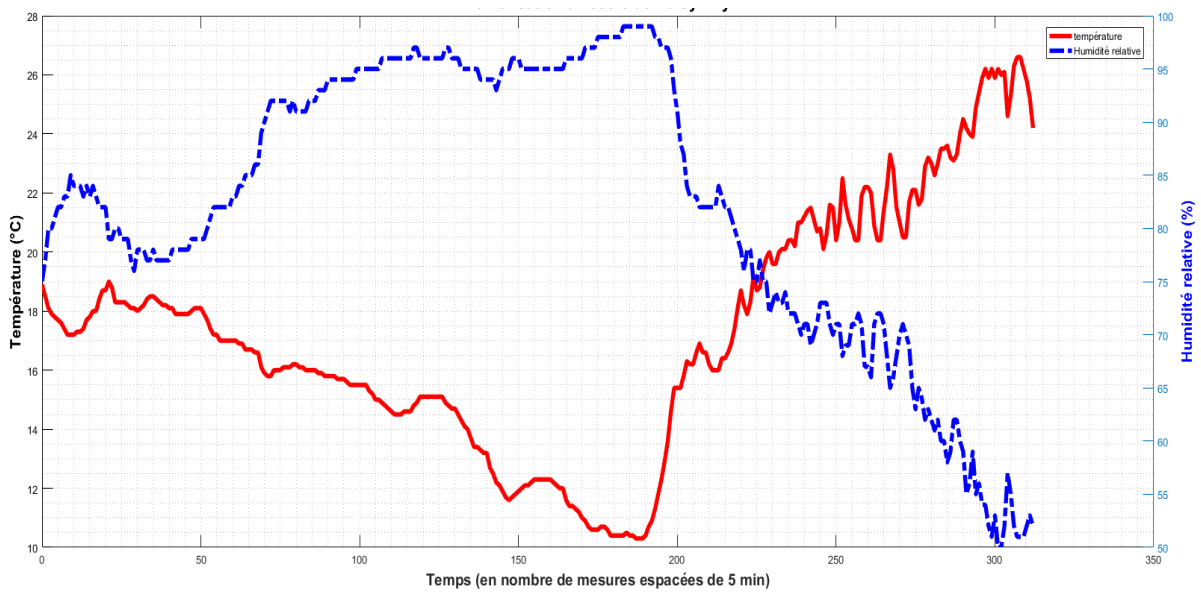
**ANNEXE 18: Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école communale Loupoigne (essai n°5)**



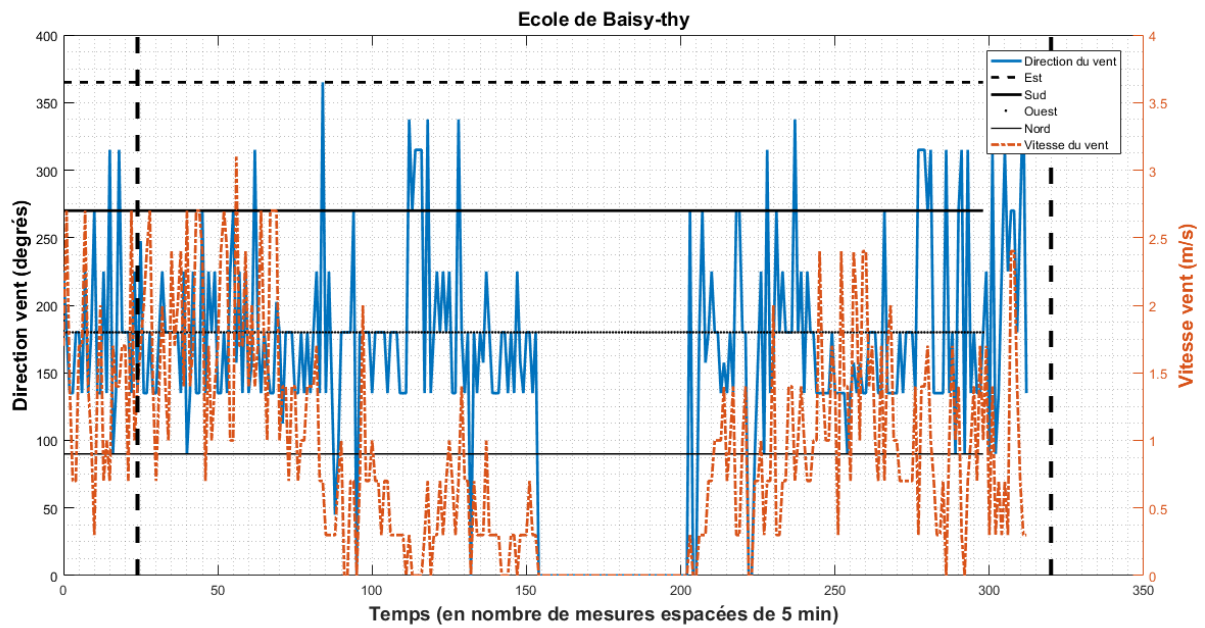
**ANNEXE 19: Carte montrant les cultures présentes aux alentours de l'école de Racour (centre du cercle) sur un rayon de 1 km (cercle jaune)(Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°5)**



**ANNEXE 20: Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école de Racour (essai n°5)**



**ANNEXE 21: Graphique des conditions météorologiques (température et humidité relative) lors de l'essai dérive à l'école de Baisy-thy (essai n°6)**



ANNEXE 22: Graphique des conditions météorologiques (Vitesse du vent et direction du vent) lors de l'essai dérive à l'école communale Loupaigne (essai n°6)



ANNEXE 23: Carte montrant des alentours de l'école de Baisy-thy sur un rayon de 1 km (cercle Jaune) (Le nord se situe vers le haut de la carte) (essai n°6)

**ANNEXE 24 : Tableau présentant les substances détectées pour chaque site des essais dérive « in situ ». Les substances sont classées selon leurs fréquences (occurrences) et leurs quantités.**

Ecoles	Ecole de Loupoigne (Du petit chemin)	Ecole communale de Loupoigne	Ecole de Grez-Doiceau	Ecole d'Ophain	Ecole de Racour
<b>Pulvérisés et retrouvés</b>	Metconazole Prothioconazole Tebuconazole	Azoxystrobine Prothioconazole Tebuconazole	Chlorothalonil Epoxiconazole Fenpropimorph	Clomazone Pendimethalin	Epoxiconazole Fluxapyroxad Pyraclostrobin Tebuconazole
<b>Fréquence &gt; 3</b>	Antraquinone Benfluralin Chlorpropham Chlorpyrifos Clomazone DEET Dimethenamid Diphénylamine Epoxiconazole Ethofumesate Fenobucarb Fluxapyroxad Metamitron Metholachlor Metobromuron Pendimethalin Pentachloroanisol phenmedipham Propyzamide Prosulfocarb Tri-allate	Ametocradin Antraquinone Carbendazim Chlorpropham Chlorpyrifos Clomazone Difénoconazole Dimethenamid Diphénylamine Diuron Epoxiconazole Ethofumesate Fenobucarb Flufenacet Fluopyram hexaconazole Lindane Linuron Methiocarb Metholachlor Metobromuron Myclobutanil Pendimethalin Pentachloroanisol phenmedipham Piperonyl-butoxyde Propiconazole Propyzamide Prosulfocarb Pyrimethanil Terbuthylazine Tolclofos-methyl Triadimefon Tri-allate	Buprofezin Chlorpropham Chlorpyrifos Clomazone DEET Difénoconazole Diflufenican Dimethenamid Diphénylamine Fenobucarb Fenpropimorph Flutolanil Fluxapyroxad Hexachlorobenzene Metamitron Methiocarb Metholachlor Metobromuron Pendimethalin Pentachloroanisol phenmedipham Propoxur Propyzamide Prothioconazole Quintozène Triadimefon Tri-allate	Atrazin Azoxystrobine Buprofezin Chlorothalonil Chlorpropham Chlorpyrifos DEET Dimethenamid Diphénylamine Epoxiconazole Fenobucarb Flutolanil Hexachlorobenzene Lindane Methiocarb Metholachlor Metobromuron Pentachloroanisol phenmedipham Propoxur Prothioconazole Spirotetramat Tebuconazole Triadimefon Tri-allate	Antraquinone Azoxystrobine Benfluralin Boscalid Carbendazim Chlorothalonil Chlorpropham Clomazone Dimethenamid Diuron Ethofumesate Flufenacet Lindane Metazachlore Metholachlor Metobromuron Pendimethalin Pentachloroanisol phenmedipham Piperonyl-butoxyde Propiconazole Prosulfocarb Prothioconazole Pyrimethanil Terbuthylazine Thiabendazole Triadimefon Tri-allate
<b>Fréquence &lt; 3 et Quantité &gt; 1 µg</b>	Boscalid Fenuron	<b>Néant</b>	Atrazin Azoxystrobine Carbetamide Cyproconazole Flufenacet Fluopyram Lenacil Metalaxyl Metazachlore Prosulfocarb Pyrimethanil Tebuconazole	Acetempirid Chlorantraniliprole Difénoconazole Diflufenican Dimethomorph Diuron Etoxazole Flusilazole Fluxapyroxad Imidacloprid Metalaxyl Metamitron Myclobutanil Nicosulfuron Paclobutrazol Propamocarb Propazin Propyzamide Prosulfocarb Pyrimethanil Tricyclazole	Ametocradin Chlorotoluron Difénoconazole Dimethomorph Fluopyram Flusilazole Metalaxyl Paclobutrazol Propoxur Spirotetramat Trifloxystrobin

Fréquence < 3 et Quantité < 1µg	Aclonifen				
	Atrazin				
	Azoxystrobine				Aclonifen Atrazin Buprofezin Butachlor Chlorantranilprole Dicloran Diflufenican Dodine Endosulfan Fenhexamid Fenobucarb Fludioxonil Hexachlorobenzene Hexaconazole Imidacloprid Lenacil Metamitron Methiocarb Myclobutanil Oxadiazon Pirimicarb Procymidone Propyzamide Simazine Triadimenol Tricyclazole
	Chlorothalonil	Aclonifen Atrazin Boscalid Chlorothalonil DEET			
	Flufenacet	Chlorothalonil DEET			
	Fluopyram	Diflufenican Dimethomorph Fluazinam Flutolanil			
	hch (Alfa)	Fluazinam Flutolanil			
	Hexachlorobenzene	Fluxapyroxad Isoprothiolane hch (Alfa)	Butachlor DDT Etoxazole Tolclofos-methyl		
	Lindane Oxadiazon	Hexachlorobenzene Lenacil Methabenzthiazuron			
	Piperonyl-butoxyde	Pacloubutrazol Propanil Spirotetramat Thiacloprid Triazophos Quintozone			
	Pyraclostrobin Pyrimethanil				
	Spirotetramat				
	Terbuthylazine				
	Tolclofos-methyl				
	Triadimefon Quintozone				

ANNEXE 25 : Résultats de la « référence » de l'essai dérive à Baisy-thy. Sont présentés les moyennes (µg), les écart-types, le maximum, le minimum et l'occurrence de chaque substance détectée (d'occurrence supérieure > 3)

	Moyenne (µg)	Ecart type	Maximum	Minimum	Occurrence
<b>Tebuconazole</b>	0,05708	0,037	0,11	0,015	12
<b>Metholachlor</b>	0,05925	0,018	0,097	0,029	12
<b>Pentachloroanisole</b>	0,22842	0,489	1,78	0,038	12
<b>Lindane</b>	0,45467	0,745	2,67	0,034	12
<b>Clomazone</b>	0,02591	0,009	0,052	0,019	11
<b>Dimethenamid</b>	0,03209	0,017	0,065	0,015	11
<b>Dimethomorph</b>	0,0324	0,012	0,054	0,014	10
<b>Piperonyl-butoxyde</b>	0,212	0,26	0,89	0,046	9
<b>Pendimethalin</b>	0,26844	0,567	1,78	0,015	9
<b>Chlorpropham</b>	0,54289	0,937	3,026	0,1	9
<b>Butachlor</b>	0,70689	0,477	1,4	0,029	9
<b>Propyzamide</b>	0,06725	0,135	0,4	0,014	8
<b>Propiconazole</b>	0,06875	0,039	0,12	0,015	8
<b>Azoxystrobine</b>	0,10488	0,073	0,19	0,012	8
<b>Fenobucarb</b>	0,19588	0,142	0,33	0,012	8
<b>Diphénylamine</b>	0,561	0,927	2,848	0,13	8
<b>Pyrimethanil</b>	0,02029	0,004	0,024	0,012	7
<b>Tri-allate</b>	0,19714	0,384	1,068	0,026	7
<b>Diuron</b>	0,20557	0,087	0,28	0,069	7
<b>Propamocarb</b>	0,02017	0,005	0,025	0,012	6
<b>Flufenacet</b>	0,021	0,01	0,039	0,011	6
<b>Buprofezin</b>	0,02983	0,007	0,036	0,021	6
<b>Difénoconazole</b>	0,03067	0,01	0,039	0,016	6
<b>Prothioconazole</b>	0,03983	0,019	0,07	0,011	6

hexaconazole	0,07267	0,029	0,1	0,029	6
Paclobutrazol	0,08817	0,035	0,11	0,032	6
Carbendazim	0,09233	0,066	0,16	0,014	6
Cyperméthrin	0,1085	0,047	0,178	0,038	6
Isoprothiolane	0,1225	0,055	0,17	0,031	6
DDT	0,14573	0,177	0,4984	0,018	6
Metalaxyl	0,014	0,001	0,015	0,013	5
Mandipropamid	0,0204	0,006	0,027	0,011	5
phenmedipham	0,0208	0,013	0,043	0,012	5
Triadimenol	0,0274	0,008	0,037	0,016	5
Thiabendazole	0,0366	0,004	0,04	0,03	5
Cymoxanil	0,0374	0,008	0,041	0,024	5
Triadimefon	0,066	0,006	0,075	0,059	5
hch (Alfa)	0,139	0,133	0,356	0,029	5
Anthraquinone	0,442	0,548	1,42	0,16	5
Terbutylazine	0,5482	0,988	2,314	0,037	5
DEET	0,816	0,261	1,1	0,47	5
Bifenthrin	0,82	0,919	2,4	0,18	5
Acetampirid	0,01125	0,001	0,012	0,01	4
Myclobutanil	0,01425	0,003	0,017	0,011	4
Tricyclazole	0,03125	0,008	0,036	0,02	4
Imidacloprid	0,036	0,006	0,042	0,028	4
Ametryn	0,04475	0,011	0,051	0,029	4
Fipronil	0,1175	0,065	0,2	0,044	4
Propanil	0,4425	0,136	0,56	0,26	4
Chlorantraniliprole	0,012	0,002	0,014	0,011	3
Flusilazole	0,014	0,002	0,015	0,012	3
Oxadiazon	0,04733	0,006	0,054	0,044	3
Hexachlorobenzene	0,1112	0,097	0,2136	0,02	3
Quintozène	0,11413	0,179	0,3204	0,011	3
Dichlofluanide	0,27633	0,378	0,712	0,037	3

ANNEXE 26 : Tableau présentant les résultats de la contamination des sols à l'intérieur dans les écoles en début de saison de pulvérisation.

(Contamination intérieur, début saison) Substances détectées (µg)	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)
2-phenylphenol		0,14	0,068		0,077	0,067	0,074
Ametoctradin		0,081					
Azoxystrobine	0,033	0,03	0,046		0,07	0,03	0,031
Buprofezin		0,02					
Carbendazim and benomyl						0,018	0,047
Chloridazon			0,015		0,034	0,022	0,017
Chlorpropham		0,016					
Cyfluthrin						0,032	
DEET		0,12	0,039				
Dichlofluanide		0,011					
Diflufenican			0,027	0,019		0,015	
Dimethomorph		0,013					
Diuron							0,13
Epoxiconazole						0,012	
Fipronil		0,025	0,029		0,068	0,038	0,074
Flutolanil	0,015	0,018	0,022	0,014	0,02	0,081	0,043
Imidacloprid	0,039	0,073	0,1		0,066	0,036	0,12

Metamitron	0,044			0,051			
Pencycuron						0,011	
Pendimethalin		0,014					
Permethrin	0,24	0,3	0,96	0,066	0,34	0,16	0,38
Piperonyl-butoxyde	0,049	1,4	0,35	0,069	0,78	0,18	0,084
Prochloraz		0,06					
Propiconazole	0,02	0,044	0,086		0,03	0,024	0,058
Terbutryn						0,016	
Thiacloprid						0,016	

ANNEXE 27 : Tableau présentant les résultats de la contamination des sols à l'intérieur des écoles en fin juin.

(Contamination intérieur, fin juin) Substances détectées (µg)	Baisy-Thy	Cortil	GrezDoiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)	Ormeignies
2-phenylphenol (ortho-)		0,180						0,056
Anthraquinone		0,690	0,074	0,140	0,042	0,033	0,047	
Azoxystrobine			0,011		0,016	0,013		
Bixafen		0,060			0,03			0,011
Boscalid		0,026						
Captan						2508		
Chlorothalonil		0,320	0,070					
Chlorpyrifos (-ethyl)		0,610						
Cymoxanil		0,038	0,021			45,600		
DEET (N,N -diethyl-M-toluamide)		2,200						
Dichlofluanide		0,038				0,015		0,045
Difenoconazole		0,018				98,800		
Diiflufencan		0,110	0,120	0,018	0,030	57,000	0,018	0,140
Dimethenamid		0,020						
Diphenylamine	0,730	2,600	2,000	1,300	1,000	0,810	0,240	0,680
Diuron		0,010						
Diuron								
Epoxiconazole		0,020			0,012	0,013		
ethofumestaha		0,036						
Fipronil					0,029		0,045	
Fludioxonil						0,014		
Flufenacet		0,015			0,014			0,013
Flutolanil		0,038	0,019		0,017			0,013
Fluxapyroxad			0,014			0,011		
Imidacloprid	0,014	0,045	0,150	0,034	0,510	0,092	0,070	
Iprodione		0,011						
Mandipropamid	0,021	0,032	0,076	0,012	0,026	0,110		
Metamitron		0,014						
Metazachlor		0,41						
Methiocarb						53,200		
Metholachlor		0,039						
Metobromuron		0,019						
Oxadiazon		0,068				0,017		
Pencycuron								
Pendimethalin		0,094			0,055	0,016		
Pentachloroanisol	0,069	0,14	0,100	0,067	0,1300	0,070	0,049	
Permethrin	0,160			0,28		0,280		0,320
Phenmediphan	0,016	0,086	0,018		0,016	0,047		0,016
Phosmet						0,016		
Piperonyl-butoxyde	0,140	0,940	0,570	0,270	0,220	0,210	0,180	1,000

Primicarb		0,022						
Propamocarb								0,011
Propiconazole	0,016	0,53	0,13	0,013	0,022	0,045	0,069	0,041
Propizamide		0,033						
Propozur		0,035						
Prosulfocarb		0,097			0,017	0,010		0,02
Prothioconazole		0,027			0,021	41,800		
Pyraclotrobin			0,034					
Simazine		0,051						
Spirotetramat						98,800		
Tebuconazole		0,029			0,017	0,024		0,013
Terbutryn								
Tetramethrine		0,018						0,019
Tolyfluanid				0,410				

ANNEXE 28 :Tableau présentant les résultats de la contamination des jeux à l'extérieur des écoles en début de saison.

(Contamination extérieur, début de saison) Substances détectées (µg)	Baisy-Thy	Cortil	Grez-Doiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)
2-(1 naphthyl) acetamide					0,026		
2-phenylphenol (ortho-)					0,059		
Aclonifen	0,016			0,031		0,023	
Ametoctradin		0,038					
Antraquinone						0,031	
Atrazin						0,015	
Azoxystrobine			0,022		0,036	0,022	
Bixafen				0,011			
Bromacil						0,069	
Buprofezin		0,012					
Captan					1,5	9,3	
Chloridazon			0,052			0,02	
Chlorothalonil	0,056			0,22		0,04	
Cyprodinil					0,033		
Diflufenican				0,022		0,065	
Dimethenamid		0,016					
Dimethomorph		0,011					
Diuron						0,18	
Dodine						0,062	
Ethofumesate					0,044		
Fluopyram						0,014	
Flutolanil	0,029	0,07	0,13		0,064	1,1	0,054
Isoxaben						0,015	
Lenacil	0,012			0,019	0,029	0,013	0,011
Metamitron			0,03	0,04		0,37	
Methiocarb			0,015		0,018	0,028	
Methoxyfeozide						0,015	
Pencycuron	0,012	0,012	0,035	0,015	0,069	0,49	0,011
Pendimethalin	0,018				0,053	0,046	
Permethrin	0,065	0,037			0,051		0,036
Phenmedipham	0,012			0,027	0,033	0,063	0,01
Piperonyl-butoxyde		0,047	0,017		0,035		
Propiconazole		0,015	0,016		0,13		5,8
Propyzamide	0,023	0,015	0,014				
Tebuconazole				0,098		0,037	0,35
Tebufenozide						0,019	

Thiacloprid						0,16	
Tolyfluanid				0,48			

ANNEXE 29 : Tableau présentant les résultats de la contamination des jeux à l'extérieur des écoles en fin juin.

(contamination extérieur, fin juin) Substances détectées (µg)	Baisy-Thy	Cortil	GrezDoiceau	Loupoigne	Ophain	Racour	Loupoigne (St Jean)	Ormeignies
Ametoctradin	0,012			0,029		0,01	0,016	
Anthraquinone		0,17	0,091	0,048	0,035		0,033	
Azoxystrobine	0,021		0,01	0,021	0,014	0,012		
Biphenyl				0,11			0,11	
Bixafen				0,036	0,047	0,012		
Boscalid					0,024			
Captan				0,2				
Chloridazon								
Chlorothalonil	0,036	0,091	0,1		0,065			
Chlorpropham								
Chlorantaniliprole						0,031		
Chlorpyrifos (-ethyl)								
Cyantraniliprole						0,011		
Cyfluthrin								
Cymoxanil	0,045		0,064	0,057	0,015	0,049	0,024	
DEET (N,N -diethyl-M-toluamide)				0,041				
Dichlofluanide			0,093					
Difenoconazole			0,011	0,011		0,038		
Diflufenican	0,015		0,06	0,019	0,012	0,016		0,044
Dimoxystrobin				0,014	0,018		0,012	
Dimethomorph				0,02				
Diphenylamine	0,64	2	0,88	0,74	1	1,2	1,5	1,4
Epoxiconazole	0,011			0,012	0,016	0,043		
Fluazinam				0,03			0,022	
Fludioxonil								
Flufenacet	0,01	0,01		0,027	0,011		0,015	0,018
Fluopicolide					0,013			
Flutolanil	0,026		0,012	0,01	0,015	0,017	0,03	
Fluxapyroxad			0,022			0,015		
Imidacloprid			0,034		0,022	0,12		
Iprodione								
Lindane				0,015				
Mandipropamid	0,045	0,017	492	0,096	0,054	0,2	0,041	0,016
Metconazole			0,02					
Methiocarb						0,011		
Metholachlor	0,023		86,1	0,059			0,041	
Metobromuron						0,012	0,012	
Pencycuron						0,012		
Pendimethalin		0,05		0,012				
Pentachloroanisol	0,099	0,12	0,059	0,071	0,13	0,075	0,11	0,064
Permethrin							0,37	
Phenmediphan	0,036	0,015	0,011	0,067	0,052	0,054	0,04	0,034
Phosmet								
Piperonyl-butoxyde		0,15		0,012		0,036		0,044
Primicarb								
Prochloraz								

Propamocarb	0,011			0,018	0,012	0,012		0,01
Propiconazole		0,02	1230	0,015	0,7	0,011	9,2	
Propizamide	0,022							
Propozur							0,027	
Prosulfocarb	0,014	0,028		0,02	0,016	0,021		0,018
Prothioconazole	0,012			0,023	0,017	0,026	0,015	0,014
Pyraclotrobin			0,047					
Spinosad			0,018					
Spirotetramat						0,036		
Terbuthylazine				0,048				
Tebuconazole	0,013		0,23	0,2	0,033	0,024	0,027	0,011
Tolyfluanid				6,5				
Vanifenalate	0,019		0,01	0,049	0,013		0,021	
Zoxamide				0,012				

ANNEXE30 : résultats des mesures de l'essai de référence 'in situ' à Baisy-thy. L'occurrence correspond au nombre de capteurs qui ont détectés la substance.

Substances	Moyenne	Ecart-type	Maximum	Minimum	Occurrence
Tebuconazole	0,05708	0,037	0,11	0,015	12
Metholachlor	0,05925	0,018	0,097	0,029	12
Pentachloroanisol	0,22842	0,489	1,78	0,038	12
Lindane	0,45467	0,745	2,67	0,034	12
Clomazone	0,02591	0,009	0,052	0,019	11
Dimethenamid	0,03209	0,017	0,065	0,015	11
Dimethomorph	0,0324	0,012	0,054	0,014	10
Piperonyl-butoxyde	0,212	0,26	0,89	0,046	9
Pendimethalin	0,26844	0,567	1,78	0,015	9
Chlorpropham	0,54289	0,937	3,026	0,1	9
Butachlor	0,70689	0,477	1,4	0,029	9
Propyzamide	0,06725	0,135	0,4	0,014	8
Propiconazole	0,06875	0,039	0,12	0,015	8
Azoxystrobine	0,10488	0,073	0,19	0,012	8
Fenobucarb	0,19588	0,142	0,33	0,012	8
Diphénylamine	0,561	0,927	2,848	0,13	8
Pyrimethanil	0,02029	0,004	0,024	0,012	7
Tri-allate	0,19714	0,384	1,068	0,026	7
Diuron	0,20557	0,087	0,28	0,069	7
Propamocarb	0,02017	0,005	0,025	0,012	6
Flufenacet	0,021	0,01	0,039	0,011	6
Buprofezin	0,02983	0,007	0,036	0,021	6
Difénoconazole	0,03067	0,01	0,039	0,016	6
Prothioconazole	0,03983	0,019	0,07	0,011	6
hexaconazole	0,07267	0,029	0,1	0,029	6
Paclobutrazol	0,08817	0,035	0,11	0,032	6
Carbendazim	0,09233	0,066	0,16	0,014	6
Cyperméthrin	0,1085	0,047	0,178	0,038	6
Isoprothiolane	0,1225	0,055	0,17	0,031	6
DDT	0,14573	0,177	0,4984	0,018	6
Metalaxyl	0,014	0,001	0,015	0,013	5
Mandipropamid	0,0204	0,006	0,027	0,011	5
phenmedipham	0,0208	0,013	0,043	0,012	5
Triadimenol	0,0274	0,008	0,037	0,016	5
Thiabendazole	0,0366	0,004	0,04	0,03	5
Cymoxanil	0,0374	0,008	0,041	0,024	5
Triadimefon	0,066	0,006	0,075	0,059	5
hch (Alfa)	0,139	0,133	0,356	0,029	5

<b>Anthraquinone</b>	0,442	0,548	1,42	0,16	5
<b>Terbutylazine</b>	0,5482	0,988	2,314	0,037	5
<b>DEET</b>	0,816	0,261	1,1	0,47	5
<b>Bifenthrin</b>	0,82	0,919	2,4	0,18	5
<b>Acetampirid</b>	0,01125	0,001	0,012	0,01	4
<b>Myclobutanil</b>	0,01425	0,003	0,017	0,011	4
<b>Tricyclazole</b>	0,03125	0,008	0,036	0,02	4
<b>Imidacloprid</b>	0,036	0,006	0,042	0,028	4
<b>Ametryn</b>	0,04475	0,011	0,051	0,029	4
<b>Fipronil</b>	0,1175	0,065	0,2	0,044	4
<b>Propanil</b>	0,4425	0,136	0,56	0,26	4
<b>Chlorantraniliprole</b>	0,012	0,002	0,014	0,011	3
<b>Flusilazole</b>	0,014	0,002	0,015	0,012	3
<b>Oxadiazon</b>	0,04733	0,006	0,054	0,044	3
<b>Hexachlorobenzene</b>	0,1112	0,097	0,2136	0,02	3
<b>Quintozène</b>	0,11413	0,179	0,3204	0,011	3
<b>Dichlofluanide</b>	0,27633	0,378	0,712	0,037	3