

SANTÉ
ENVIRONNEMENT

JUILLET 2025

PestiRiv

Étude de l'exposition
aux pesticides chez les riverains
de zones viticoles et non viticoles

Tome 1 - Résultats des contaminations environnementales

Air intérieur



PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non viticoles

Tome 1c : Résultats des contaminations environnementales - Air intérieur



L'étude PestiRiv est une réalisation conjointe de Santé publique France et de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) réalisée à la demande du Ministère en charge de la Santé, avec la participation de l'Institut Ipsos, l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee), la Direction générale des Finances publiques (DGFiP), le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), le Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé (LERES), Atmo France et les Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) qui participent à l'étude (Atmo Grand Est, Atmo Bourgogne Franche-Comté, Atmo Auvergne – Rhône-Alpes, Atmo Nouvelle-Aquitaine, Atmo Occitanie, Atmo Sud) et l'Observatoire du développement rural de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae).

Promoteur

Anses

Investigatrices principales

Maïté Brugioni, Laurine Gonnard, Laurie Lecomte

Équipe projet

Anses, direction de l'évaluation des risques : Romain Boissonnot, Fabrizio Botta, Titouan Brandicourt, Maïté Brugioni, Laurine Gonnard, Adrien Jean, Laurie Lecomte, Klervi Leuraud, Manon Longvixay, Lynda Saïbi-Yedjer, Josselin Réty, Natacha Tessier, Jean-Luc Volatier, Jessica Wermuth, Ohri Yamada

Groupe d'experts

Un groupe d'experts sur les mesures environnementales et les pratiques agricoles a apporté son appui pendant la phase d'élaboration du protocole (2018 à 2021).

Membres : Carole Bedos, Mathilde Carra, Laurent Delière, Cyril Feidt, Maurice Millet, Bernadette Ruelle.

Un groupe de travail (GT) a validé les orientations méthodologiques, aidé à la rédaction et à l'interprétation des résultats et validé la rédaction des conclusions (2023 à 2025).

Membres : Carole Bedos, Rémi Béranger, Laurent Delière, Raphaëlle Teyssière, Ingrid Ruthy, Philippe Glorennec, Marine Lambert, Anne Mérot.

Le détail est disponible en Annexe 1.

Partenaires

L'OQAI/CSTB (Olivier Ramalho) a contribué à la réalisation de l'enquête PestiRiv et a aidé à l'interprétation des résultats.

Remerciements

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation du volet air intérieur de l'étude PestiRiv. Nous remercions plus particulièrement les enquêteurs, les participants et les relecteurs de ce rapport.

L'étude PestiRiv est réalisée avec le soutien financier de l'Office français de la Biodiversité (OFB) dans le cadre du plan Ecophyto 2+.

Les résultats de l'étude PestiRiv sont présentés dans un rapport d'étude en trois tomes :

- **Tome 0 : Matériels, méthodes et bilan de la collecte**
- **Tome 1 : Résultats des contaminations environnementales**
- **Tome 2 : Résultats d'imprégnation biologique**

Ce rapport est accompagné d'un avis final porté conjointement par Santé publique France et l'Anses incluant les conclusions et les recommandations de leurs collectifs d'experts sur les résultats de cette étude.

Ce Tome 1c décrit la contamination de l'air intérieur.

Table des matières

0	Préambule.....	13
1	Rappel du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte »	14
2	Contexte.....	15
2.1	Statuts et usages des substances d'intérêt pour l'air intérieur	15
2.2	Spécificités du contexte agricole en 2022.....	15
2.3	Spécificités de la matrice air intérieur	15
2.3.1	Rappel du protocole de prélèvement des échantillons d'air intérieur	15
2.3.2	Analyses chimiques	16
2.3.3	Propriétés physico-chimiques des substances	17
2.4	Choix méthodologiques.....	17
2.4.1	Analyses quantitatives des données de contamination.....	17
2.4.2	Modélisations statistiques	18
2.4.3	Représentation graphique	18
3	Collecte des échantillons d'air intérieur.....	19
3.1	Bilan de la collecte	19
3.1.1	Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur	19
3.1.2	Codes qualité des échantillons d'air intérieur	21
3.1.3	Synthèse	23
3.2	Métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur	23
4	Description des foyers et de leur environnement.....	28
4.1	Caractéristiques des foyers	28
4.2	Environnement culturel des foyers	36
4.2.1	Méthode de construction des indicateurs associés à l'environnement culturel	36
4.2.2	Distance à la parcelle viticole la plus proche	37
4.2.3	Indicateurs spatialisés de niveau 1	38
4.2.4	Indicateurs spatialisés de niveau 2.....	40
4.2.5	Indicateurs spatialisés de niveau 3.....	45
5	Contamination de l'air intérieur.....	46
5.1	Contamination en zones viticoles en période de traitement.....	46
5.1.1	Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période de traitement.....	46
5.1.2	Distribution temporelle par substance tous foyers confondus	57
5.2	Contamination en zones non viticoles en période de traitement	58
5.2.1	Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période de traitement	58
5.2.2	Distribution temporelle par substance tous foyers confondus	65
5.3	Contamination en zones viticoles en période hors traitement	66
5.3.1	Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période hors traitement.....	66
5.3.2	Distribution temporelle par substance tous foyers confondus	76
6	Comparaison des contaminations de l'air intérieur en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles	77

6.1	Comparaison des fréquences de détection et de quantification	77
6.2	Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max}).....	82
6.3	Comparaison graphique des distributions des concentrations	85
6.4	Caractérisation de l'effet de la zone viticole.....	92
7	Identification des facteurs associés aux niveaux de contamination de l'air intérieur en zones viticoles en période de traitement.....	94
8	Comparaison des niveaux de contamination de l'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement	95
8.1	Comparaison des fréquences de détection et de quantification	95
8.2	Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max}).....	101
8.3	Comparaison graphique des distributions des concentrations	105
8.4	Caractérisation de l'effet de la période	113
9	Discussion.....	115
9.1	Ce que le protocole a permis de faire	115
9.2	Résultats principaux.....	115
9.2.1	Contamination des échantillons d'air intérieur	115
9.2.2	Comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone (viticole ou non)	117
9.2.3	Identification des facteurs associés aux contaminations des échantillons de l'air intérieur en zones viticoles en période de traitement	117
9.2.4	Comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période (traitement des vignes ou hors traitement)	117
9.2.5	Synthèse générale	118
9.3	Mise en perspective avec la littérature	121
9.3.1	Revue bibliographique.....	121
9.3.2	Étude néerlandaise sur l'exposition des riverains vivant à proximité des cultures de bulbes de fleurs (étude OBO).....	121
9.4	Limites et incertitudes.....	123
9.4.1	Limites	123
9.4.2	Incertitudes	124
9.4.3	Synthèse	125
9.5	Perspectives	126
10	Liste des annexes	127
	Résumé	129
	Summary.....	130

Liste des tableaux

Tableau 1 : Parties du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte » en lien avec le volet air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.	14
Tableau 2 : Bilan des limites de performances analytiques de 11 substances pour le volet air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.	17
Tableau 3 : Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur par région en zones viticoles et en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	20
Tableau 4 : Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur par région en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	20
Tableau 5 : Codes qualité par région des 200 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	22
Tableau 6 : Codes qualité par région des 45 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	22
Tableau 7 : Codes qualité par région des 83 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	23
Tableau 8 : Métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période}. PestiRiv, France, 2021-2022.	24
Tableau 9 : Caractéristiques des foyers avec prélèvement d'air intérieur (variables catégorielles). PestiRiv, France, 2021-2022.	31
Tableau 10 : Caractéristiques des foyers avec prélèvement d'air intérieur (variables continues). PestiRiv, France, 2021-2022.	35
Tableau 11 : Distance à la parcelle viticole la plus proche des foyers avec prélèvement d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.	37
Tableau 12 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1) des foyers avec prélèvement d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	39
Tableau 13 : Nombre de foyers avec prélèvement d'air intérieur selon la densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1). PestiRiv, France, 2021-2022.	40
Tableau 14 : Estimation des utilisations des 40 substances analysées dans l'air intérieur et cohérence avec les approbations des substances actives phytopharmaceutiques au niveau européen. PestiRiv, France, 2021-2022.	43
Tableau 15 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m ³) des 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	47
Tableau 16 : Classement des 22 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	51
Tableau 17 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	51
Tableau 18 : Classement des 13 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m ³) dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	54

Tableau 19 : Fréquence de détection dans l'air intérieur et pourcentage de foyers avec une utilisation probable de la substance dans un cercle de rayon 1 000 m pendant la période de prélèvement d'air intérieur pour les 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	56
Tableau 20 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m ³) des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	59
Tableau 21 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	62
Tableau 22 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	63
Tableau 23 : Classement des 5 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m ³) dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	64
Tableau 24 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m ³) des 40 substances analysées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	67
Tableau 25 : Classement des 14 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	71
Tableau 26 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	71
Tableau 27 : Classement des 7 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m ³) dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	74
Tableau 28 : Fréquence de détection dans l'air intérieur et pourcentage de foyers avec une utilisation probable de la substance dans un cercle de rayon de 1 000 m pour les 4 substances probablement utilisées au moins une fois en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	75
Tableau 29 : Comparaison des fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	79
Tableau 30 : Comparaison des fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	80
Tableau 31 : Comparaison des 95 ^{ème} centiles des concentrations (P95) dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD ≥ 5 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.	83
Tableau 32 : Comparaison des concentrations maximales (C _{max}) dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD > 0 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.	84
Tableau 33 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	92
Tableau 34 : Plausibilité et force de l'effet de la zone viticole sur la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	93

Tableau 35 : Comparaison des fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	98
Tableau 36 : Comparaison des fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période: période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	99
Tableau 37 : Comparaison des 95 ^{ème} centiles des concentrations (P95) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD \geq 5 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.	103
Tableau 38 : Comparaison des concentrations maximales (C_{max}) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD > 0 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.	104
Tableau 39 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la période de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	113
Tableau 40 : Plausibilité et force de l'effet de la période de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	114
Tableau 41 : Contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement et en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	116
Tableau 42 : Synthèse générale de la plausibilité et de la force des effets de la zone viticole et de la période principale de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.	120

Liste des figures

Figure 1 : Bilan des substances analysées dans les échantillons d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.	16
Figure 2 : Motifs de non réalisation des prélèvements d'air intérieur selon la période. PestiRiv, France, 2021-2022.	21
Figure 3 : Répartition temporelle des 188 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	26
Figure 4 : Répartition temporelle des 44 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	26
Figure 5 : Répartition temporelle des 79 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	27
Figure 6 : Répartition du nombre de foyers avec prélèvement d'air intérieur par anneau de distance selon la distance à la parcelle viticole la plus proche. PestiRiv, France, 2021-2022.	38
Figure 7 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayons 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1) autour des foyers avec prélèvement d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	39

Figure 8 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	49
Figure 9 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur collectés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	50
Figure 10 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 1 ^{er} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	52
Figure 11 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 2 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	52
Figure 12 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 3 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	53
Figure 13 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 4 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	53
Figure 14 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m ³) du folpel dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.	57
Figure 15 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	61
Figure 16 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur collectés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	62
Figure 17 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des 13 substances détectées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	63
Figure 18 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m ³) du folpel dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.	66
Figure 19 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	69
Figure 20 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur collectés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	70
Figure 21 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 1 ^{er} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	72

Figure 22 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 2 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »)	72
Figure 23 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 3 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	73
Figure 24 : Distribution des concentrations (ng/m ³) des substances ayant une médiane dans le 4 ^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	73
Figure 25 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m ³) du folpel dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.	76
Figure 26 : Fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	81
Figure 27 : Fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	81
Figure 28 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en folpel dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	85
Figure 29 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en pyriméthanil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	86
Figure 30 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en tébuconazole dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	86
Figure 31 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en pendiméthaline dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	87
Figure 32 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en propyzamide dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	87
Figure 33 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en spiroxamine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	88
Figure 34 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cymoxanil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	88
Figure 35 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cyperméthrine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	89
Figure 36 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en fluopyrame dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	89

Figure 37 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en trifloxystrobine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	90
Figure 38 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en zoxamide dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	90
Figure 39 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en chlorpyrifos-méthyl dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	91
Figure 40 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cyprodinil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	91
Figure 41 : Fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes (bleu) ou période hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	100
Figure 42 : Fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes (bleu) ou période hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	100
Figure 43 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en folpel dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	105
Figure 44 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en pyriméthanil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	106
Figure 45 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en métalaxyl dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	106
Figure 46 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en tébuconazole dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	107
Figure 47 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cyperméthrine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	107
Figure 48 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en pendiméthaline dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	108
Figure 49 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en spiroxamine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	108
Figure 50 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cymoxanil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	109
Figure 51 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en fluopyrame dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	109
Figure 52 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en trifloxystrobine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	110

Figure 53 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en propyzamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	110
Figure 54 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en chlorpyrifos-méthyl dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	111
Figure 55 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en zoxamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	111
Figure 56 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cyprodinil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	112
Figure 57 : Comparaison des concentrations (ng/m ³) en cyazofamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	112

Abréviations

Agreste	Statistiques agricoles de référence du ministère en charge de l'agriculture et de l'alimentation
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BNVD	Banque nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés
CV	Coefficient de variation
CVI	Casier viticole informatisé
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
FD	Fréquence de détection (%)
FQ	Fréquence de quantification (%)
GT	Groupe de travail
IFT	Indicateur de fréquence de traitement
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
LD	Limite de détection
LQ	Limite de quantification
NA	Nouvelle-Aquitaine
ODR	Observatoire du développement rural
OQAI	Observatoire de la qualité de l'air intérieur
p%	Points de pourcentage
PPP	Produit phytopharmaceutique
RPG	Registre parcellaire graphique

Glossaire

Air intérieur	Air qui se trouve à l'intérieur du logement des foyers.
Période de traitement	Période du 14 mars 2022 au 6 septembre 2022 pour les foyers de zones viticoles et période du 14 mars 2022 au 20 septembre 2022 pour les foyers de zones non viticoles.
Période hors traitement	Période du 30 octobre 2021 au 28 février 2022 pour les foyers de zones viticoles.
Durée d'enquête	Période comprise entre les dates de visite 1 et de visite 2 des enquêteurs Ipsos.
Durée de prélèvement de l'air intérieur	Durée pendant laquelle l'air intérieur dans la pièce de vie principale du logement a été prélevé (durée théorique du prélèvement = 7 jours ; prélèvement réalisé en théorie pendant la durée d'enquête du foyer).
Taux de censure	Seuil au-delà duquel le nombre de données quantifiées est jugé insuffisant pour réaliser des modélisations statistiques : taux de censure à 60 % retenu (correspondant à une fréquence de quantification de 40 %).

0 PREAMBULE

Le Tome 1c décrit la contamination de l'air intérieur par les pesticides pour répondre aux objectifs suivants :

- déterminer si la contamination de l'air intérieur des logements localisés en zones viticoles est plus élevée qu'en zones non viticoles ;
- identifier les facteurs associés à la contamination de l'air intérieur des logements en zones viticoles en lien avec la présence de ces cultures ;
- étudier l'effet de la distance entre les logements et les parcelles de vignes sur la contamination de l'air intérieur ;
- décrire la variation de la contamination de l'air intérieur des logements en zones viticoles entre la période de traitement des vignes et la période hors traitement.

Ce tome se décompose en plusieurs parties :

- la 1^{ère} partie rappelle les paragraphes du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte » qui concernent le volet air intérieur ;
- la 2^{ème} partie précise le **contexte général** (usages autorisés pour les substances d'intérêt, spécificités du contexte agricole de l'année 2022 et de la matrice air intérieur) et rappelle quelques choix méthodologiques ;
- la 3^{ème} partie présente le **bilan de la collecte des échantillons d'air intérieur** pour chaque combinaison {zone ; période} étudiée :
 - o zones viticoles en période de traitement ;
 - o zones non viticoles en période de traitement ;
 - o zones viticoles en période hors traitement.
- la 4^{ème} partie **décrit les foyers** pour lesquels des prélèvements d'air intérieur ont été réalisés ;
- la 5^{ème} partie décrit la **contamination de l'air intérieur** pour chaque combinaison {zone ; période} étudiée (description globale pour tous les foyers confondus sur l'ensemble de la période) ;
- les 6^{ème}, 7^{ème} et 8^{ème} parties ont pour objectif d'apporter des **éléments de réponses aux objectifs** de l'étude listés ci-dessus, *via* des analyses descriptives ;
- la 9^{ème} partie propose une **discussion** sur les points suivants :
 - o résultats principaux ;
 - o mise en perspective avec la littérature ;
 - o limites et incertitudes de l'étude ;
 - o perspectives.

1 RAPPEL DU TOME 0 « MATÉRIELS, MÉTHODES ET BILAN DE LA COLLECTE »

Le Tableau 1 liste les parties du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte » qui traitent du volet air intérieur.

Tableau 1 : Parties du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte » en lien avec le volet air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tome 0	Sujet présenté
3.1 Intervenants de l'étude	Partenaires et prestataires qui ont participé au volet poussières
3.2 Comitologie	Groupes d'experts qui ont participé à l'élaboration du protocole et à l'exploitation des résultats pour le volet poussières
4.4.2 Taille de l'échantillon	Taille de l'échantillon prévu pour le volet air intérieur
4.4.4.2 Échantillonnage pour les mesures de poussières et d'air intérieur	Stratégie d'échantillonnage pour le volet air intérieur
4.5.4.3 Prélèvement des échantillons d'air intérieur	Matériel de prélèvement et gestion des échantillons
4.5.5 Données de pratiques agricoles	Méthode globale de caractérisation des pratiques agricoles et présentation de l'enquête auprès des représentants viticoles
4.6 Sélection des substances recherchées dans PestiRiv	Méthode de sélection des substances prioritaires pour PestiRiv
5.2.2.2 Recueil des échantillons d'air intérieur	Bilan de la collecte des échantillons d'air intérieur
6.2.3 Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons d'air intérieur	/
7.2.2.2 Analyses statistiques réalisées pour les mesures d'air intérieur	/
7.3 Procédure de construction des modèles statistiques	/
7.4.2 Traitement des données censurées	/
7.5.2 Indicateurs spatialisés liés aux pratiques agricoles	Présentation des différents niveaux des indicateurs spatialisés
7.5.3 Paramètres contextuels liés à l'environnement des foyers	/
9. Limites et incertitudes	/
Annexe 1 : Compositions des collectifs d'experts externes mobilisés par Santé publique France et l'Anses dans le cadre de PestiRiv	Détail des groupes d'experts qui ont participé à l'élaboration du protocole et à l'exploitation des résultats pour le volet air ambiant
Annexe 3 : Caractéristiques du matériel de prélèvement des échantillons environnementaux	Caractéristiques du matériel de prélèvement utilisé pour les échantillons d'air intérieur
Annexe 4 : Description des bases de données existantes utilisées pour la construction de l'indicateur spatialisé lié aux pratiques agricoles	/
Annexe 6 : Sélection des substances mesurées dans les matrices environnementales	Sélection des substances mesurées dans les échantillons d'air intérieur
Annexe 8 : Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons environnementaux	Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons d'air intérieur
Annexe 11 : Variables utilisées pour les calculs des poids de sondage pour les ménages poussières et air intérieur	/
Annexe 12 : Calculs des poids de sondage pour les ménages poussières et air intérieur	/
Annexe 14 : Liste des indicateurs construits pour l'analyse des données environnementales	Liste des indicateurs construits pour le volet air intérieur
Annexe 15 : Construction des indicateurs	/
Annexe 16 : Construction des indicateurs de contexte agricole	/

2 CONTEXTE

2.1 Statuts et usages des substances d'intérêt pour l'air intérieur

L'Annexe 2 présente le détail des statuts et usages autorisés des 40 substances analysées dans l'air intérieur (produit phytopharmaceutique (PPP), biocides et médicaments vétérinaires).

Parmi les 40 substances analysées dans l'air intérieur, 23 substances ont une fonction fongicide, 11 une fonction insecticide, 6 une fonction herbicide.

Cinq substances sont interdites en tant que PPP avec une date de fin d'utilisation antérieure au début de la campagne de terrain (30/10/2021) : bêta-cyfluthrine, chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène, thiaméthoxame et triadiménol.

Parmi les substances pouvant être utilisées en tant que PPP pendant la campagne de terrain :

- 2 substances (acrinathrine, iprovalicarbe) sont spécifiques de la vigne ;
- 1 substance (carbétamide) est utilisée sur de multiples cultures mais pas sur la vigne ;
- les autres substances sont utilisées sur de multiples cultures, dont la vigne.

2.2 Spécificités du contexte agricole en 2022

Au moment de la rédaction du rapport (fin 2024), l'année 2022 est à la fois l'année la plus chaude jamais enregistrée en France depuis le début du 20^{ème} siècle (+ 1,5 °C sur les dix premiers mois de l'année par rapport aux normales saisonnières sur la période 1991-2020), en particulier à partir du mois de mai¹. C'est aussi l'une des années les moins pluvieuses et les moins humides, avec un déficit de précipitations de 30 % par rapport aux normales. Aucune région n'a été épargnée par le déficit hydrique et l'excédent thermique.

L'Indicateur de fréquence de traitement (IFT) défini au niveau national à partir de l'enquête sur les pratiques culturales en viticulture de 2019 du ministère de l'agriculture ne permet pas de décrire le contexte agricole en 2022, d'autant plus que les situations météorologiques en 2019 et 2022 sont différentes². En revanche, le bilan de la campagne 2022 de la filière viticulture du réseau DEPHY FERME³ indique que les faibles pluviométrie et humidité ont fortement réduit la pression des maladies fongiques, et notamment du mildiou, dans presque tous les bassins viticoles. Ainsi, l'IFT 2022 du réseau DEPHY FERME viticulture est inférieur à ceux enregistrés pour les années 2018 à 2021.

2.3 Spécificités de l'air intérieur

2.3.1 Rappel du protocole de prélèvement des échantillons d'air intérieur

Le protocole de prélèvement des échantillons d'air intérieur est détaillé au paragraphe 4.5.4.3 du Tome 0. Pour rappel, les prélèvements d'air intérieur sont mis en œuvre par des prestataires formés à la mise en œuvre du protocole et à l'utilisation du matériel. Avec l'accord du participant adulte du foyer, le prélèvement d'air intérieur est réalisé dans la pièce de vie principale du logement (séjour) sur une durée de 7 jours pendant les 14 jours de l'enquête globale PestiRiv, avec un débit de 4 L/min pour un volume final autour de 40 m³. Une cartouche

¹ https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/BilanConj2022/Bilan_conjoncturel_2022.pdf

² Printemps de l'année 2019 pluvieux, avec une forte pression fongique.

³ https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2023-06/Viticulture_Bilan%20de%20Campagne%202022.pdf

URG (filtre quartz et mousse polyuréthane) est utilisée pour piéger les pesticides présents à la fois en phase gazeuse et en phase particulaire (fraction PM_{2,5}).

2.3.2 Analyses chimiques

Le laboratoire d'analyses a fourni les résultats d'analyse pour 40 substances (via une seule filière analytique) parmi 58 substances priorisées en zones viticoles (cf. Annexe 6 du Tome 0 et Figure 1).

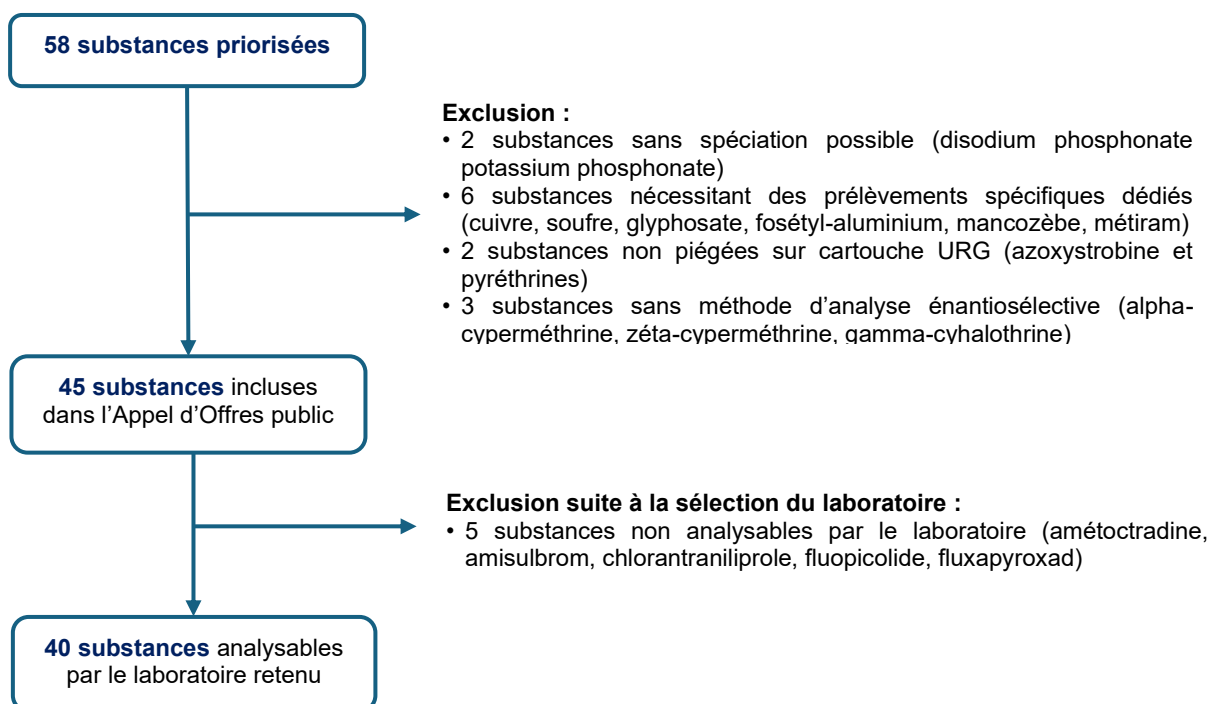


Figure 1 : Bilan des substances analysées dans les échantillons d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.

Comme détaillé en Annexe 8 du Tome 0 et synthétisé au Tableau 2, 11 substances présentent des performances analytiques qui peuvent engendrer une sous-estimation ou une surestimation des niveaux de contamination.

Tableau 2 : Bilan des limites de performances analytiques de 11 substances pour le volet air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.

Critères à respecter	Critères non respectés		
	Substances concernées	Valeurs	Impact
Coefficient de variation (CV) du rendement d'extraction < 50 %	cymoxanil	CV = 90 %	Impact : les valeurs de concentration fournies sont indicatives.
	spiroxamine	CV = 51 %	Impact mineur
60 % < Rendement d'extraction relatif (RE) < 120 %	esfenvalérate	RE = 124 %	Surestimation mineure
60 % < Capacité de rétention (RET) < 120 %	fenhexamide	RET = 17 %	Impact : les valeurs de concentration fournies sont indicatives.
	flumioxazine	RET = 23 %	Impact : les valeurs de concentration fournies sont indicatives.
	napropamide	RET = 10 %	Impact : les valeurs de concentration fournies sont indicatives.
	pyraclostrobine	RET = 53 %	Sous-estimation mineure
	métrafénone	RET = 54 %	Sous-estimation mineure
	thiaméthoxame	RET = 59 %	Sous-estimation mineure
	lambda-cyhalothrine	RET = 127 %	Surestimation mineure
	cyprodinil	RET = 132 %	Surestimation mineure

2.3.3 Propriétés physico-chimiques des substances

Les principales propriétés physico-chimiques des 40 substances recherchées dans les échantillons d'air intérieur sont présentées en Annexe 3.

2.4 Choix méthodologiques

2.4.1 Analyses quantitatives des données de contamination

Pour chaque combinaison {zone ; période} :

Les données de contamination sont décrites en termes de fréquences de détection (FD), fréquences de quantification (FQ) et paramètres de distribution de la concentration : 5^{ème} centile (P5), 25^{ème} centile (P25), 50^{ème} centile ou concentration médiane (P50), 75^{ème} centile (P75), 95^{ème} centile (P95). Les résultats sont présentés par substance pour toute la période d'intérêt pour tous les foyers. Des descriptions intégrant l'aspect temporel sont également présentées par substance.

Imputation des données censurées à gauche

Les paramètres de distribution des concentrations sont d'abord présentés avant application d'un scénario de gestion des données censurées à gauche.

Les paramètres de distribution des concentrations sont ensuite présentés après application d'un scénario de gestion des données censurées à gauche pour faciliter les représentations graphiques. Il s'agit du scénario dit « **UB_Machine** » :

- si la substance est non détectée, utilisation de la limite de détection (LD) ;
- si la concentration est comprise entre la LD et la limite de quantification (LQ), utilisation de la valeur indicative fournie par le laboratoire (valeur machine).

En conséquence, les concentrations peuvent être surestimées, d'autant plus lorsque la fréquence de détection est faible.

2.4.2 Modélisations statistiques

Les modélisations statistiques décrites au paragraphe 7.2.2.2 du Tome 0 n'ont pas pu être réalisées pour le volet air intérieur à cause de taux de censure trop élevés (cf. partie 5).

2.4.3 Représentation graphique

Les graphiques décrivant les données de contamination (boîtes à moustache dites « box-plot », nuages de point) utilisent majoritairement l'échelle log10 pour optimiser la représentation. Toutefois, il est nécessaire d'être vigilant au moment de l'interprétation de ces graphiques car ce type de représentation rend difficile la visualisation des concentrations extrêmes.

Le corps du Tome 1 présente uniquement les graphiques principaux. L'ensemble des graphiques sont disponibles en Annexes.

3 COLLECTE DES ECHANTILLONS D'AIR INTERIEUR

Avertissement

Cette partie présente le bilan qualitatif de la collecte des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement, en zones non viticoles en période de traitement et en zones viticoles en période hors traitement sans application des poids de sondage.

3.1 Bilan de la collecte

3.1.1 Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur

Les Tableau 3 et Tableau 4 décrivent le bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur par région⁴ et au global en zones viticoles et en zones non viticoles en période de traitement, et en zones viticoles en période hors traitement, et plus particulièrement :

- le nombre de foyers participants à l'enquête PestiRiv sélectionnés pour le prélèvement d'air intérieur ;
- le nombre de contacts transmis par Ipsos aux prestataires en charge de réaliser le prélèvement d'air intérieur, correspondant au nombre de foyers ayant accepté que leur contact soit transmis pour un prélèvement d'air intérieur ;
- le nombre d'interventions réalisées par les prestataires ayant permis la mise en œuvre du prélèvement d'air intérieur ;
- le taux de conversion (%) entre le nombre de contacts transmis et le nombre de réalisations du prélèvement d'air intérieur ;
- l'objectif en nombre de prélèvements d'air intérieur ;
- le taux de réalisation par rapport à l'objectif (%).

Ainsi, en période de traitement (zones viticoles et zones non viticoles confondues), le taux de conversion entre le nombre de contacts transmis et le nombre de réalisations du prélèvement d'air intérieur est en moyenne de 74 %, variant de 60 % en Provence-Alpes-Côte d'Azur à 88 % en Grand- Est. Le taux de réalisation par rapport à l'objectif est de 83 % en moyenne, allant de 66 % en Provence-Alpes-Côte d'Azur à 103 % en Grand Est.

En zones viticoles en période hors traitement, le taux de conversion entre le nombre de contacts transmis et le nombre d'interventions est similaire (76 % en moyenne, variant de 63 % en Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté à 87 % en Nouvelle-Aquitaine). Le taux de réalisation par rapport à l'objectif est de 71 % en moyenne, allant de 31 % seulement en Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté à 108 % en Grand Est.

⁴ Les prélèvements d'air intérieur réalisés en Alsace et en Champagne par deux prestataires différents sont regroupés par simplicité au sein de la région Grand Est.

Tableau 3 : Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur par région en zones viticoles et en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Nombre de foyers participants sélectionnés pour l'air intérieur	Nombre de contacts transmis par IPSOS aux prestataires	Nombre d'interventions prélèvements d'air intérieur			Taux de conversion des contacts en interventions (%)	Objectif (nombre de prélèvements d'air intérieur)	Taux de réalisation par rapport à l'objectif (%)
			TOTAL	Zones viticoles	Zones non viticoles			
Nouvelle-Aquitaine	178	115	80	66	14	70	100	80
Occitanie	79	46	38	38	0	83	50	76
Grand Est	96	64	56	46	10	88	60	93
Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	64	55	41	31	10	75	40	103
Provence-Alpes-Côte d'Azur	78	55	33	22	11	60	50	66
Total	495	335	248	203	45	74	300	83

Tableau 4 : Bilan de la réalisation des prélèvements d'air intérieur par région en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Nombre de foyers participants sélectionnés pour l'air intérieur	Nombre de contacts transmis par IPSOS aux prestataires	Nombre d'interventions prélèvements d'air intérieur	Taux de conversion des contacts en interventions (%)	Objectif (nombre de prélèvements d'air intérieur)	Taux de réalisation par rapport à l'objectif (%)
Nouvelle-Aquitaine	62	31	27	87	39	69
Occitanie	38	20	14	70	20	70
Grand Est	44	35	26	74	24	108
Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	11	8	5	63	16	31
Provence-Alpes-Côte d'Azur	36	18	13	72	20	65
Total	191	112	85	76	119	71

Au global, par rapport au nombre de contacts transmis, 87 et 27 interventions n'ont pas été réalisées respectivement en période de traitement et en période hors traitement, principalement pour les raisons suivantes (voir Figure 2) :

- en période de traitement : manque de matériel (37 %), absence de coordonnées ou contacts indisponibles (28 %), manque de disponibilité de l'occupant (21 %), refus de l'occupant (11 %), manque de disponibilité de l'opérateur (3 %) ;
- en période hors traitement : refus de l'occupant (37 %), manque de matériel (30 %) et absence de coordonnées ou contacts indisponibles (26 %), manque de disponibilité de l'opérateur (7 %).

À noter qu'une difficulté est de pouvoir répartir dans le temps le nombre de foyers à contacter. En conséquence, certaines interventions n'ont pu être réalisées par manque de matériel disponible.

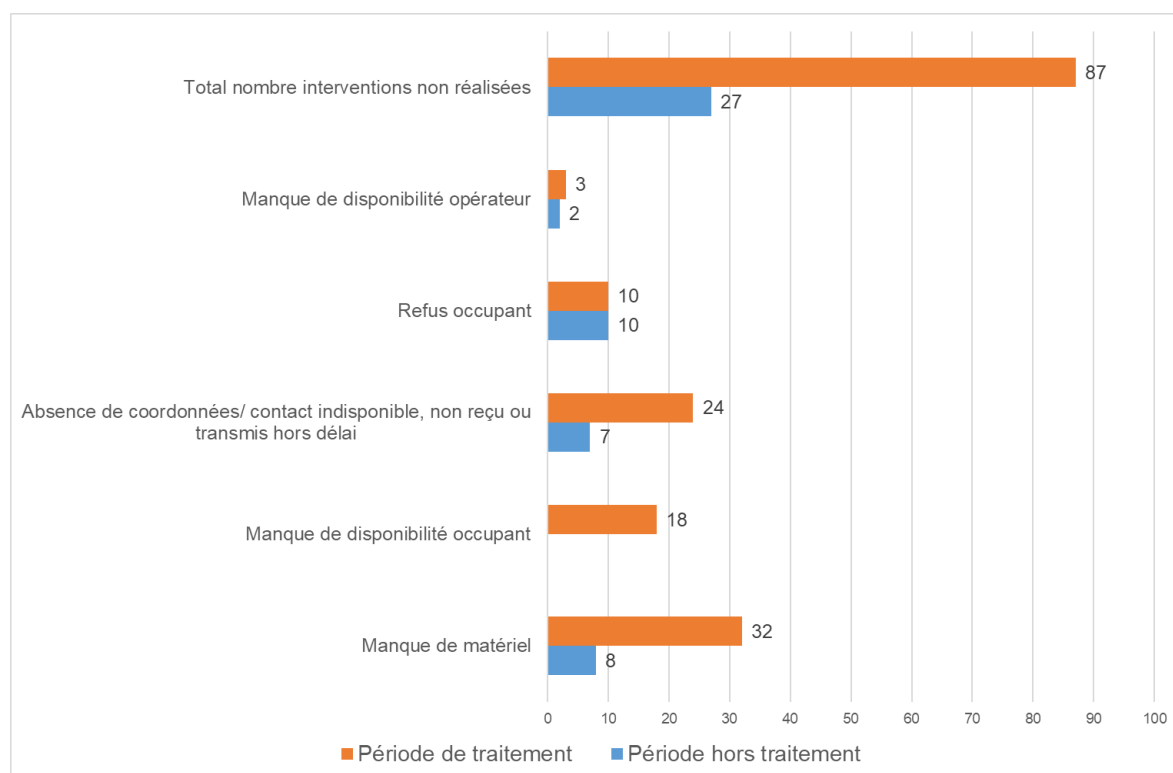


Figure 2 : Motifs de non réalisation des prélèvements d'air intérieur selon la période. PestiRiv, France, 2021-2022.

3.1.2 Codes qualité des échantillons d'air intérieur

Parmi les échantillons prélevés par les prestataires, certains sont invalidés avant l'étape d'analyse à cause de durées de prélèvement trop courtes. Le laboratoire a donc analysé :

- 200 des 203 (98,5 %) échantillons collectés en zones viticoles en période de traitement ;
- 45 échantillons (100 %) collectés en zones non viticoles en période de traitement ;
- 83 des 85 échantillons (97,6 %) collectés en zones viticoles en période hors traitement.

Après les étapes de prélèvement et d'analyse, la validation permet d'attribuer à chaque échantillon un codage qualité global selon les critères définis à l'Annexe 8 du Tome 0 :

- A : prélèvement exploitable (conforme) ;
- W : prélèvement exploitable « atypique » (conforme exploitable, avec une non-conformité mineure) ;
- I : prélèvement invalidé.

L'ensemble des échantillons codés au global A et W sont exploités.

Les Tableau 5 à Tableau 7 synthétisent la répartition des codes qualité des échantillons par région⁴ et au global. Certains prélèvements sont invalidés *a posteriori* si les conditions de prélèvement ne respectent pas les critères définis. Ainsi, sont exploités dans la suite de ce rapport les résultats de :

- 188 échantillons en zones viticoles en période de traitement ;
- 44 échantillons en zones non viticoles en période de traitement ;
- 79 échantillons en zones viticoles en période hors traitement.

À noter que pour l'ensemble de ces 311 échantillons, le laboratoire a rendu des résultats d'analyse pour 40 substances (soit 12440 résultats d'analyse exploités).

Tableau 5 : Codes qualité par région des 200 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Conforme (A)	Non-conformité mineure (W)	Invalide (I)	TOTAL	TOTAL Exploitable (A et W)
Nouvelle-Aquitaine	37	26	3	66	63
Occitanie	27	9	2	38	36
Grand Est	32	9	4	45	41
Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	25	2	2	29	27
Provence-Alpes-Côte d'Azur	11	10	1	22	21
Total	132	56	12	200	188

Tableau 6 : Codes qualité par région des 45 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Conforme (A)	Non-conformité mineure (W)	Invalide (I)	TOTAL	TOTAL Exploitable (A et W)
Nouvelle-Aquitaine	11	2	3	16	13
Occitanie	0	0	2	2	0
Grand Est	8	2	4	14	10
Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	4	6	0	10	10
Provence-Alpes-Côte d'Azur	6	5	0	11	11
Total	29	15	9	53	44

Tableau 7 : Codes qualité par région des 83 échantillons d'air intérieur collectés et analysés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Conforme (A)	Non-conformité mineure (W)	Invalide (I)	TOTAL	TOTAL Exploitable (A et W)
Nouvelle-Aquitaine	24	3	3	30	27
Occitanie	12	2	2	16	14
Grand Est	13	10	4	27	23
Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté	5	0	0	5	5
Provence-Alpes-Côte d'Azur	9	1	2	12	10
Total	63	16	11	101	79

3.1.3 Synthèse

L'Annexe 4 présente pour chaque combinaison {zone ; période} les logigrammes décrivant les différentes étapes, de la sélection des foyers pour le prélèvement d'air intérieur, jusqu'à la validation des échantillons.

3.2 Métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur

Le Tableau 8 décrit les métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période}. Elles sont issues des formulaires renseignés par les prestataires en charge de réaliser les prélèvements et par le laboratoire en charge d'analyser les échantillons.

Ainsi, les prélèvements sont réalisés majoritairement dans le séjour, le salon principal ou le séjour avec cuisine ouverte et très ponctuellement dans le séjour d'un studio, une cuisine fermée indépendante, un bureau ou une entrée/couloir. Ils sont réalisés dans plus de 70 % des cas à proximité d'un mur, et dans environ 35 % des cas dans un coin de la pièce. Environ 96 % des prélèvements d'air intérieur ont duré entre 6 et 8 jours et environ 90 % des volumes prélevés sont compris entre 35 et 45 m³.

Entre 59 % et 76 % des échantillons ont été réceptionnés par le laboratoire sous un délai de 4 jours et la majorité des échantillons a été réceptionné à une température inférieure ou égale à 8 °C. Les délais d'extraction et d'analyse des échantillons sont inférieurs respectivement à 14 jours et 30 jours dans la majorité des cas. L'Annexe 5 détaille la distribution des variables continues (durée et volume de prélèvement et délais de traitement des échantillons).

Les Figure 3 à Figure 5 présentent la répartition temporelle des prélèvements d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période} (1 ligne = 1 foyer). En complément, l'Annexe 6 détaille le nombre de foyers ayant réalisé le prélèvement d'air intérieur par semaine. La couverture de la période de traitement en zones viticoles (14/03/2022 au 06/09/2022) est jugée satisfaisante. La couverture de la période hors traitement (11/10/2021 au 28/02/2022) est jugée satisfaisante à partir de mi-novembre, ce qui est cohérent avec les dates de début de recrutement des participants qui ont réellement commencé à partir du 23/10/2021 pour la région Nouvelle-Aquitaine et à partir du 30/10/2021 pour les autres régions.

L'Annexe 7 décrit la répartition temporelle par région des prélèvements d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période}.

L'Annexe 8 présente les mesures de température et humidité relative moyennes mesurées au sein du logement en parallèle du prélèvement d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période}. Il s'agit de mesures d'accompagnement qui peuvent permettre de détecter des situations extrêmes.

Tableau 8 : Métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur pour chaque combinaison {zone ; période}. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Période de traitement				Période hors traitement	
	Zones viticoles (N=188)		Zones non viticoles (N=44)		Zones viticoles (N=79)	
	Effectif (N)	Fréquence (%)	Effectif (N)	Fréquence (%)	Effectif (N)	Fréquence (%)
Pièce instrumentée						
Séjour ou salon principal (pièce visée)	154	81,9	36	81,8	57	72,2
Séjour avec cuisine ouverte	31	16,5	8	18,2	19	24,1
Séjour/Chambre/Coin cuisine (Studio)	1	0,5	0	0	2	2,5
Cuisine fermée indépendante	1	0,5	0	0	0	0,0
Bureau	1	0,5	0	0	0	1,3
Entrée couloir	0	0,0	0	0	1	1,3
Localisation dans la pièce*						
Au centre de la pièce	9	4,8	5	11,4	9	11,4
Dans un coin de la pièce	72	38,3	18	40,9	26	32,9
À proximité d'un mur	169	89,9	34	77,3	59	74,7
À proximité d'un radiateur	13	6,9	5	11,4	9	11,4
À proximité de la fenêtre	28	14,9	10	22,7	18	22,8
Durée de prélèvement (jours) Conforme si [5,25 - 9 jours]						
[5,25 - 6[	5	2,7	1	2,3	1	1,3
[6 - 7[	107	56,9	17	38,6	35	44,3
[7 - 8[	73	38,8	25	56,8	41	51,9
[8 - 8,5]	3	1,6	1	2,3	2	2,5
Volume de prélèvement (m³) Conforme si [30-50 m³]						
[30 - 35[	5	2,7	2	4,5	1	1,3
[35 - 40[	42	22,3	10	22,7	11	13,9
[40 - 45[	131	69,7	31	70,5	59	74,7
[45 - 50]	10	5,3	1	2,3	8	10,1
Température à réception (°C) Conforme si mention frais ou ≤ 8 °C						
Mention frais	2	1,1	0	0	5	6,3
< 0	0	0,0	0	0	12	15,2
[0 - 8]	171	91,0	38	86,4	61	77,2
]8 - 16[	11	5,9	3	6,8	0	0
[16 - 24[	4	2,1	3	6,8	0	0
Non renseigné	0	0	0	0	1	1,3

	Période de traitement				Période hors traitement	
	Zones viticoles (N=188)		Zones non viticoles (N=44)		Zones viticoles (N=79)	
	Effectif (N)	Fréquence (%)	Effectif (N)	Fréquence (%)	Effectif (N)	Fréquence (%)
Délai de réception des échantillons (jours) Conforme si ≤ 4 jours, exploitable au-delà						
[0 - 4]	132	70,2	26	59,1	60	75,9
]4 - 7]	45	23,9	18	40,9	17	21,5
]7 - 14]	10	5,3	0	0	2	2,5
]14 - 19]	1	0,5	0	0	0	0
Délai d'utilisation des cartouches (jours) Exploitable si <120 jours						
Non renseigné	0	0	0	0	1	1,3
[1 - 30[	176	93,6	38	86,4	34	43,0
[31 - 60[	11	5,9	6	13,6	33	41,8
[60 - 90[	1	0,5	0	0,0	7	8,9
[90 - 120]	0	0,0	0	0,0	4	5,1
Délai d'extraction (jours) Conforme si ≤ 14 jours, exploitable au-delà						
[0 - 14 jours]	187	99,5	44	100	79	100
Plus de 14 jours	1	0,5	0	0	0	0
Délai d'analyse - Filière LC (jours) Conforme si ≤ 90 jours						
[1 - 30]	184	97,9	42	95,5	79	100
]30 - 40]	4	2,1	2	4,5	0	0
]40 - 90]	0	0	0	0	0	0
Délai d'analyse - Filière GC (jours) Conforme si ≤ 90 jours						
[1 - 30]	172	91,5	40	90,9	76	96,2
]30 - 40]	14	7,4	4	9,1	3	3,8
]40 - 90]	2	1,1	0	0	0	0

* Plusieurs réponses possibles

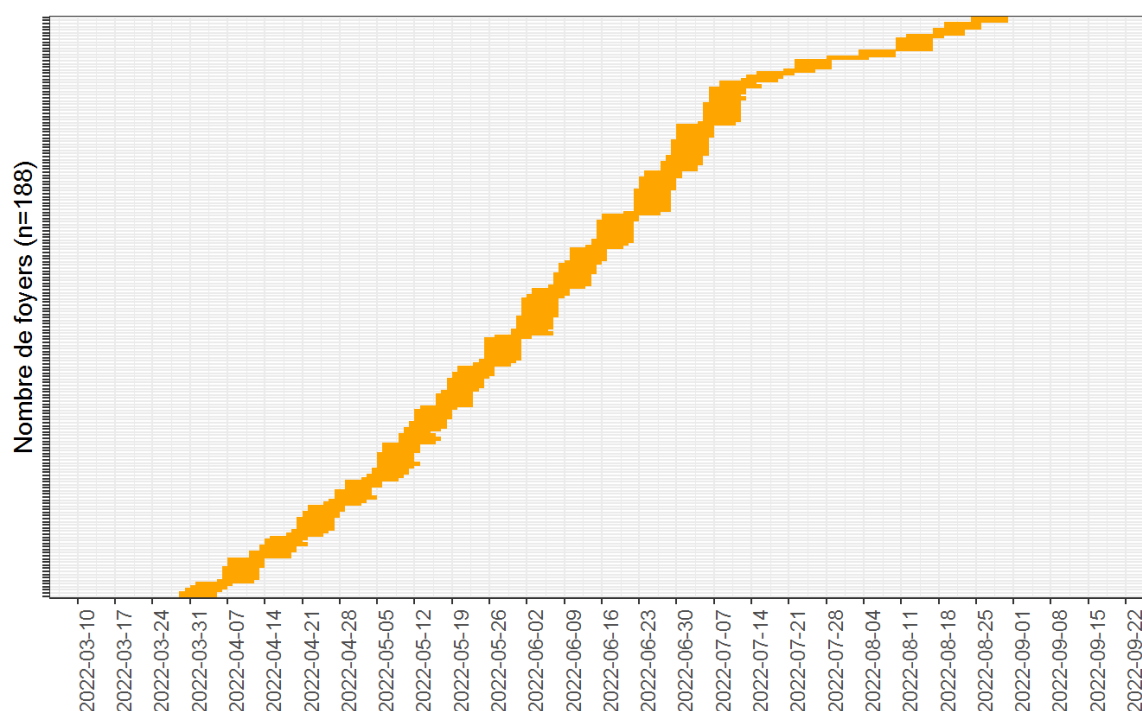


Figure 3 : Répartition temporelle des 188 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

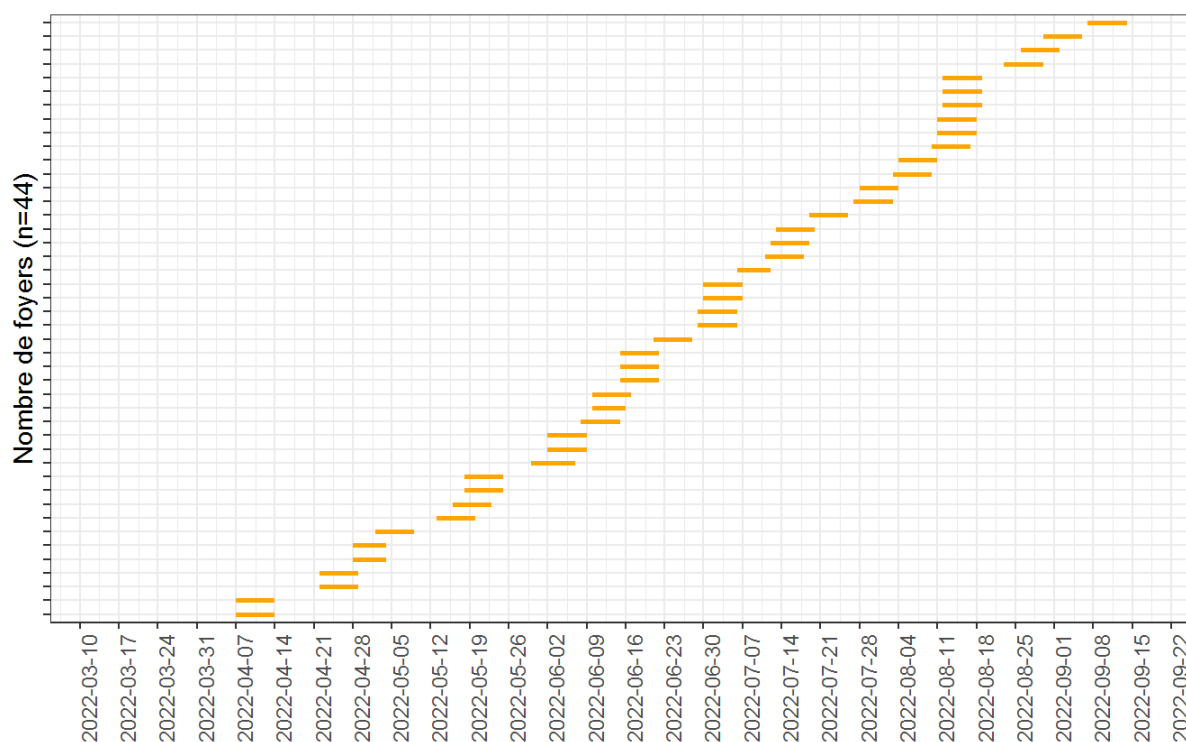


Figure 4 : Répartition temporelle des 44 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

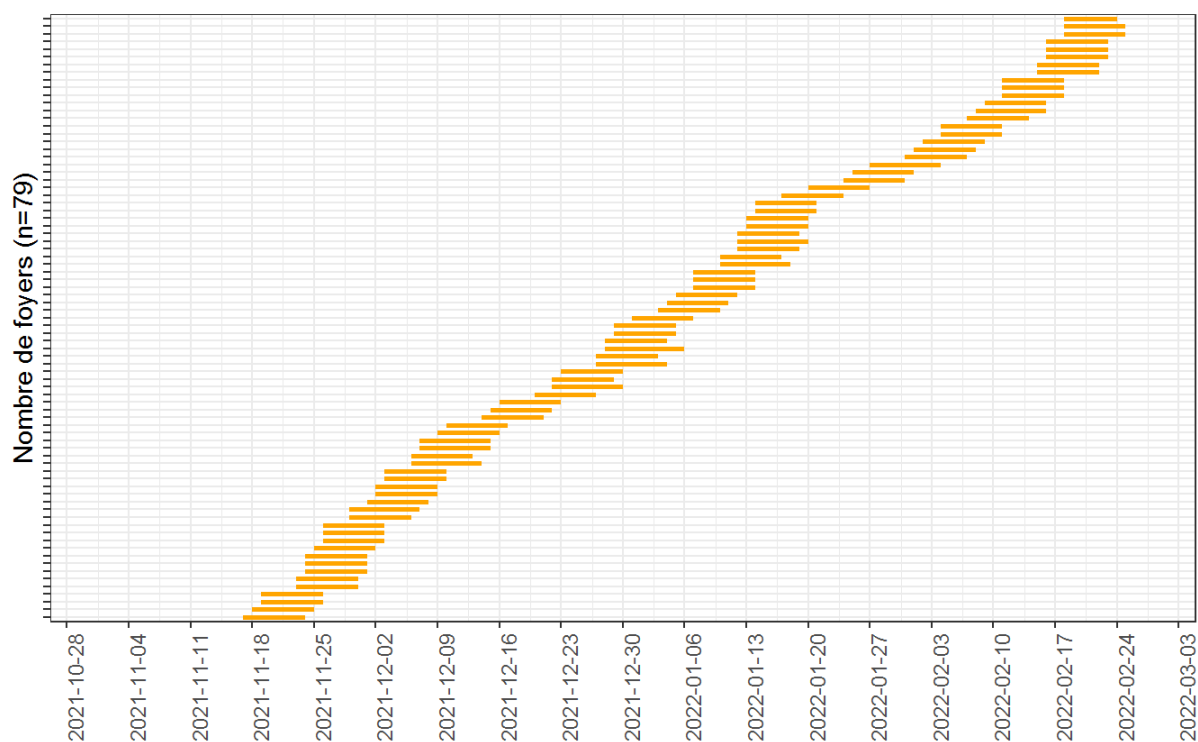


Figure 5 : Répartition temporelle des 79 prélèvements d'air intérieur réalisés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

4 DESCRIPTION DES FOYERS ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

Avertissement

Cette partie décrit les foyers avec échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement, en zones non viticoles en période de traitement et en zones viticoles en période hors traitement sans application des poids de sondage.

4.1 Caractéristiques des foyers

Les Tableau 9 et Tableau 10 décrivent les caractéristiques des foyers de zones viticoles en période de traitement (N=188) et en période hors traitement (N=79) et de zones non viticoles en période de traitement (N=44). Ces caractéristiques sont issues des questionnaires après imputation des données. Pour rappel, la liste des indicateurs construits et leur méthode de construction sont détaillées en Annexe 14 et Annexe 15 du Tome 0.

Foyers de zones viticoles en période de traitement :

- caractéristiques sociodémographiques :

Les foyers sont le plus souvent composés d'au moins deux personnes (84 %) et avec enfant(s) dans 52 % des cas. Dans 64 % des cas, les niveaux de revenus sont supérieurs au 6^{ème} décile.

- environnement autour du logement :

Les foyers sont répartis dans les 6 régions de l'étude (entre 11 % et 34 %), avec 50 % des foyers localisés dans des communes très denses ou denses. 12 %, 16 % et 37 % des foyers déclarent avoir à moins de 500 m de leur logement respectivement des cultures autres que la vigne, des aménagements potentiellement exposants aux pesticides (élevage, golf, voie ferrée, usine de production de pesticides, etc.) ou des espaces publics (jardin, stade, cimetière).

- caractéristiques du logement :

Les foyers vivent majoritairement dans un logement individuel (maison ou ferme) (85 %), avec 5 pièces ou plus (81 %), avec une isolation récente (69 %), avec système spécifique de ventilation (68 %), sans climatisation (71 %), avec du bois présent en intérieur (87 %), et avec une clôture occultante (haie, panneaux occultants, muret, etc.) autour du logement (52 %). La surface du logement est supérieure à 120 m² pour 50 % des foyers. De la moquette ou un tapis est présent dans au moins la moitié des pièces de 50 % des foyers.

- comportements et habitudes au sein du logement :

Les médianes du temps passé à l'intérieur du logement par le participant adulte et du temps d'aération au cours de la durée d'enquête sont respectivement d'environ 16 h/jour et 2 h/jour. Pendant les trois derniers mois, 81 % et 94 % des foyers ont passé respectivement la serpillière (nettoyage humide) et l'aspirateur (nettoyage sec) au moins une fois par semaine, et 43 % des foyers n'ont jamais passé le balai. La majorité des foyers s'est déchaussée systématiquement à l'intérieur (61 %), a fait sécher le linge à l'extérieur ponctuellement ou systématiquement (65 %), a des animaux pouvant aller à l'extérieur (53 %) et n'a jamais été ou presque jamais exposée à la fumée de tabac (95 %).

- caractéristiques en lien avec les activités professionnelles :

Une minorité de participants adultes a une activité en lien avec le secteur agricole (12 % des foyers) et a déclaré avoir utilisé des pesticides dans le cadre professionnel pendant la durée

d'enquête (4 % des foyers). Les autres membres du foyer ont déclaré avoir utilisé des pesticides dans le cadre professionnel au cours des 3 derniers mois dans 11 % des cas.

- caractéristiques en lien avec les activités de loisirs :

Une minorité de participants adultes a déclaré avoir utilisé eux-mêmes des pesticides au domicile pendant la durée d'enquête (15 % des foyers) ou pratiqué des activités de loisirs potentiellement exposantes aux pesticides (jardinage, composition florale, manipulation de bois traité, etc.) (4 % des foyers).

Foyers de zones non viticoles en période de traitement :

Les caractéristiques des foyers de zones non viticoles en période de traitement diffèrent de celles des foyers de zones viticoles en période de traitement pour :

- les caractéristiques sociodémographiques, avec une part plus importante de foyers avec enfants (66 % versus 52 %) et une part moins importante avec un revenu supérieur au 6ème décile (50 % versus 64 %) ;
- la répartition par région, avec 25 % des foyers localisés en Provence-Alpes-Côte d'Azur (versus 11 %) et aucun en Occitanie (versus 19 %) ainsi que la présence d'aménagements à moins de 500 m du logement (cultures autres que la vigne : 5 % versus 12 % ; aménagements potentiellement exposants aux pesticides : 21 % versus 16 % ; espaces publics : 71 % versus 37 % ;
- les caractéristiques du logement, avec une part plus importante de foyers vivant dans un logement collectif (30 % versus 15 %), avec une surface plus faible (médiane à 39 m² versus 120 m²), avec 4 pièces ou moins (46 % versus 19 %), avec une isolation ancienne (43 % versus 31 %), sans climatisation (84 % versus 71 %) et sans clôture occultante autour du logement (61 % versus 48 %) ;
- les comportements et habitudes au sein du logement, avec une part moins importante de foyers qui passe la serpillère au moins une fois par semaine (70 % versus 81 %) ;
- les activités professionnelles, avec aucun participant qui a une activité professionnelle en lien avec le secteur agricole (0 % versus 12 % des foyers) mais une part plus importante de participants ayant une utilisation professionnelle déclarée de pesticides pendant la durée d'enquête (9 % versus 4 % des foyers) ;
- l'exposition aux pesticides dans le cadre de loisirs, avec une part plus importante de participants adultes qui ont déclaré avoir utilisé eux-mêmes des pesticides au domicile pendant la durée d'enquête (23 % versus 15 % des foyers) ou pratiqué des activités de loisirs potentiellement exposantes aux pesticides (16 % versus 4 % des foyers).

Foyers de zones viticoles en période hors traitement :

Les caractéristiques des foyers de zones viticoles en période hors traitement diffèrent de celles des foyers de zones viticoles en période de traitement pour :

- la région, avec une part plus faible de foyers localisés en Auvergne-Rhône-Alpes et Bourgogne-Franche-Comté (6 % versus 14 %) et plus importante en Grand Est (29 % versus 22 %) ;
- la durée d'aération au cours de la durée d'enquête (médiane à 0,3 h/jour versus 2 h/jour) ;
- les activités professionnelles, avec moins de participants adultes qui ont une activité professionnelle en lien avec le secteur agricole (5 % versus 12 % des foyers) ;
- l'utilisation de pesticides au domicile au cours de la période d'enquête (4 % versus 15 %).

Pour la durée d'aération et l'utilisation de pesticides, l'effet saison peut expliquer ces différences.

Tableau 9 : Caractéristiques des foyers avec prélèvement d'air intérieur (variables catégorielles). PestiRiv, France, 2021-2022.

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)			Zones non viticoles en période de traitement (N=44)			Zones viticoles en période hors traitement (N=79)		
	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)
Caractéristiques sociodémographiques									
Taille du ménage									
1 personne	30	16,0	[11 - 22]	7	15,9	[7 - 31]	10	12,7	[7 - 22]
2 personnes	54	28,7	[22 - 36]	9	20,5	[10 - 36]	21	26,6	[18 - 38]
3 personnes	35	18,6	[13 - 25]	9	20,5	[10 - 36]	14	17,7	[10 - 28]
4 personnes	56	29,8	[23 - 37]	13	29,5	[17 - 45]	27	34,2	[24 - 46]
5 personnes ou plus	13	6,9	[4 - 12]	6	13,6	[6 - 28]	7	8,9	[4 - 18]
Type de ménage									
Adultes sans enfants	90	47,9	[41 - 55]	15	34,1	[21 - 50]	34	43,0	[32 - 55]
Adultes avec enfants	98	52,1	[45 - 59]	29	65,9	[50 - 79]	45	57,0	[45 - 68]
Revenus foyers									
Faible (< 2 ^{ème} décile)	18	9,6	[6 - 15]	7	15,9	[7 - 31]	10	12,7	[7 - 22]
Modéré (Entre le 2 ^{ème} et le 6 ^{ème} décile)	49	26,1	[20 - 33]	15	34,1	[21 - 50]	23	29,1	[2 - 41]
Fort (> 6 ^{ème} décile)	121	64,4	[57 - 71]	22	50,0	[36 - 64]	46	58,2	[47 - 69]
Environnement autour du logement									
Région									
Auvergne-Rhône-Alpes - Bourgogne- Franche-Comté	27	14,4	[10 - 20]	10	22,7	[0,12 - 0,38]	5	6,3	[2 - 15]
Grand Est	41	21,8	[16 - 29]	10	22,7	[0,12 - 0,38]	23	29,1	[20 - 41]
Nouvelle-Aquitaine	63	33,5	[27 - 41]	13	29,5	[0,17 - 0,45]	27	34,2	[24 - 46]
Occitanie	36	19,1	[14 - 26]	0	0,0	[NA - NA]	14	17,7	[10 - 28]
Provence-Alpes-Côte d'Azur	21	11,2	[7 - 17]	11	25,0	[0,14 - 0,41]	10	12,7	[7 - 22]

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)			Zones non viticoles en période de traitement (N=44)			Zones viticoles en période hors traitement (N=79)		
	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)
Degré de densité de la commune									
Très dense ou dense	95	50,5	[43 - 58]	18	40,9	[27 - 0,57]	34	43,0	[32 - 55]
Peu dense ou très peu dense	93	49,5	[42 - 57]	26	59,1	[43 - 0,73]	45	57,0	[45 - 68]
Aménagements autour du logement à moins de 500 m									
Aucun aménagement (hors vigne)	66	35,1	[28 - 42]	2	4,5	[1 - 17]	32	40,5	[30 - 52]
Présence d'espaces publics (jardin, stade, cimetière)	69	36,7	[30 - 44]	31	70,5	[55 - 83]	27	34,2	[24 - 46]
Présence de cultures (hors vigne)	23	12,2	[8 - 18]	2	4,5	[1 - 17]	11	13,9	[7 - 24]
Présence d'autres aménagements potentiellement exposants aux pesticides (élevage, golf, voie ferrée, usine de production de pesticides)	30	16,0	[11 - 22]	9	20,5	[10 - 36]	9	11,4	[6 - 21]
Caractéristiques du logement									
Type de logement									
Logement individuel (maison, ferme)	160	85,1	[79 - 90]	31	70,5	[55 - 83]	67	84,8	[75 - 92]
Logement collectif (appartement ou autre)	28	14,9	[10 - 21]	13	29,5	[17 - 45]	12	15,2	[8 - 25]
Nombre de pièces									
2 pièces	4	2,1	[1 - 6]	0	0	[NA - NA]	1	1,3	[0 - 8]
3 ou 4 pièces	31	16,5	[12 - 23]	20	45,5	[31 - 61]	17	21,5	[13 - 32]
5 pièces ou plus	153	81,4	[75 - 87]	24	54,5	[39 - 69]	61	77,2	[66 - 86]
Isolation logement									
Récente	130	69,1	[62 - 76]	25	56,8	[41 - 71]	58	73,4	[62 - 82]
Ancienne	58	30,9	[24 - 38]	19	43,2	[29 - 59]	21	26,6	[18 - 38]
Dispositif de ventilation									
Ventilation mécanique	128	68,1	[61 - 75]	31	70,5	[55 - 83]	58	73,4	[62 - 82]
Ventilation naturelle	40	21,3	[16 - 28]	6	13,6	[6 - 28]	12	15,2	[8 - 25]

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)			Zones non viticoles en période de traitement (N=44)			Zones viticoles en période hors traitement (N=79)		
	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)
Absence de système de ventilation	20	10,6	[7 - 16]	7	15,9	[7 - 31]	9	11,4	[6 - 21]
Présence d'un climatiseur ou climatiseur réversible									
Non	133	70,7	[64 - 77]	37	84,1	[69 - 93]	54	68,4	[57 - 78]
Oui	55	29,3	[23 - 36]	7	15,9	[7 - 31]	25	31,6	[22 - 43]
Présence de moquettes ou tapis (au moins 1 pièce sur 2)									
Non	93	49,5	[42 - 57]	18	40,9	[27 - 57]	38	48,1	[37 - 60]
Oui	95	50,5	[43 - 58]	26	59,1	[43 - 73]	41	51,9	[40 - 63]
Présence d'éléments en bois									
Non	25	13,3	[9 - 19]	10	22,7	[12 - 38]	17	21,5	[13 - 32]
Oui	163	86,7	[81 - 91]	34	77,3	[62 - 88]	62	78,5	[68 - 87]
Présence d'une clôture occultante (haie, panneaux occultants, muret, etc.)									
Pas de clôture autour du logement	91	48,4	[41 - 56]	27	61,4	[46 - 75]	35	44,3	[33 - 56]
Clôture de moins de 2 mètres de hauteur	53	28,2	[22 - 35]	13	29,5	[17 - 45]	23	29,1	[20 - 41]
Clôture de plus de 2 mètres de hauteur	44	23,4	[18 - 30]	4	9,1	[3 - 23]	21	26,6	[18 - 38]
Comportements et habitudes au sein du logement									
Fréquence nettoyage humide (3 derniers mois)									
Moins d'une fois par semaine	36	19,1	[14 - 26]	13	29,5	[17 - 45]	13	16,5	[9 - 27]
Une fois par semaine	96	51,1	[44 - 58]	16	36,4	[23 - 52]	40	50,6	[39 - 62]
Plus d'une fois par semaine	56	29,8	[23 - 37]	15	34,1	[21 - 50]	26	32,9	[23 - 45]
Fréquence nettoyage sec par aspirateur (3 derniers mois)									
Moins d'une fois par semaine	12	6,4	[3 - 11]	3	6,8	[2 - 20]	5	6,3	[2 - 15]
Une fois par semaine	56	29,8	[23 - 37]	10	22,7	[12 - 38]	21	26,6	[18 - 38]
Plus d'une fois par semaine	120	63,8	[56 - 71]	31	70,5	[55 - 83]	53	67,1	[55 - 77]
Fréquence nettoyage sec par balai (3 derniers mois)									
Jamais	81	43,1	[36 - 50]	20	45,5	[31 - 61]	37	46,8	[36 - 58]

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)			Zones non viticoles en période de traitement (N=44)			Zones viticoles en période hors traitement (N=79)		
	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)
Une fois par semaine ou moins	40	21,3	[16 - 28]	11	25,0	[14 - 41]	17	21,5	[13 - 32]
Plus d'une fois par semaine	67	35,6	[29 - 43]	13	29,5	[17 - 45]	25	31,6	[22 - 43]
Déchaussage des membres du foyer (3 derniers mois)									
Oui, tous et systématiquement	115	61,2	[54 - 68]	21	47,7	[33 - 63]	51	64,6	[53 - 75]
Oui, mais pas systématiquement ou pas tous les membres	48	25,5	[20 - 32]	18	40,9	[27 - 57]	20	25,3	[16 - 37]
Non	25	13,3	[9 - 19]	5	11,4	[4 - 25]	8	10,1	[5 - 19]
Séchage du linge à l'extérieur (3 derniers mois)									
Oui, pour la totalité du linge lavé	64	34,0	[27 - 41]	12	27,3	[15 - 43]	19	24,1	[15 - 35]
Oui, mais pas pour la totalité du linge lavé	59	31,4	[25 - 39]	15	34,1	[21 - 50]	26	32,9	[23 - 45]
Non	65	34,6	[28 - 42]	17	38,6	[25 - 54]	34	43,0	[32 - 55]
Animaux allant à l'extérieur (3 derniers mois)									
Oui, un ou plusieurs	88	46,8	[40 - 54]	19	43,2	[29 - 59]	39	49,4	[38 - 61]
Non	100	53,2	[46 - 60]	25	56,8	[41 - 71]	40	50,6	[39 - 62]
Exposition à la fumée de tabac									
Jamais ou presque jamais	178	94,7	[90 - 97]	41	93,2	[80 - 98]	74	93,7	[85 - 98]
Moins d'une heure par jour ou plus	10	5,3	[3 - 10]	3	6,8	[2 - 20]	5	6,3	[2 - 15]
Activités professionnelles									
Activité professionnelle en lien avec le secteur agricole									
Oui	22	11,7	[8 - 17]	0	0	[NA - NA]	4	5,1	[2 - 13]
Non	155	82,4	[76 - 87]	41	93,2	[80 - 98]	70	88,6	[79 - 94]
Non concerné (pas d'activité)	11	5,9	[3 - 10]	3	6,8	[2 - 20]	5	6,3	[2 - 15]
Utilisation professionnelle de pesticides (durée d'enquête)									
Oui	7	3,7	[2 - 8]	4	9,1	[3 - 23]	2	2,5	[0 - 10]
Non	181	96,3	[92 - 98]	40	90,9	[77 - 97]	77	97,5	[90 - 100]

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)			Zones non viticoles en période de traitement (N=44)			Zones viticoles en période hors traitement (N=79)		
	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)	N	%	Intervalle de confiance à 95 % (IC95) (%)
Utilisation professionnelle de pesticides par les autres membres du foyer au cours des 3 derniers mois									
Oui	20	10,6	[7 - 16]	6	13,6	[6 - 28]	6	7,6	[3 - 16]
Non et non concerné (pas d'autres membres)	168	89,4	[84 - 93]	38	86,4	[72 - 94]	73	92,4	[84 - 97]
Activités de loisirs									
Activités potentiellement exposantes aux pesticides (jardinage, composition florale, manipulation bois traités, etc.) (3 derniers mois)									
Oui	8	4,3	[2 - 9]	7	15,9	[7 - 31]	4	5,1	[2 - 13]
Non	180	95,7	[91 - 98]	37	84,1	[69 - 93]	75	94,9	[87 - 98]
Utilisation de pesticides à domicile (durée d'enquête)									
Oui	29	15,4	[11 - 22]	10	22,7	[12 - 38]	3	3,8	[1 - 11]
Non	159	84,6	[78 - 89]	34	77,3	[62 - 88]	76	96,2	[89 - 99]

Tableau 10 : Caractéristiques des foyers avec prélèvement d'air intérieur (variables continues). PestiRiv, France, 2021-2022.

	Zones viticoles en période de traitement (N=188)							Zones non viticoles en période de traitement (N=44)							Zones viticoles en période hors traitement (N=79)						
	Moyenne	Min	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max	Moyenne	Min	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max	Moyenne	Min	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max
Caractéristiques du logement																					
Surface du logement (m²)	128	34	95	120	150	220	400	46	1	22	39	77	92	104	123	40	90	110	155	201	220
Comportements et habitudes au sein du logement																					
Temps total passé à l'intérieur de son logement sur 14 jours* (h)	215,8	68,0	186,8	218,0	248,1	295,5	322,0	218,4	117,0	173,8	217,3	258,8	302,8	336,0	237,3	127,0	212,3	230,0	269,8	314,8	325,0
Durée aération sur 14 jours* (h)	45,0	0,7	13,2	32,0	65,6	125,7	233,1	53,1	1,3	22,6	34	69,1	146,1	227,8	10,6	0	2,3	4,6	11,6	44,5	52,5

* Variables renseignées dans le carnet journalier

4.2 Environnement culturel des foyers

4.2.1 Méthode de construction des indicateurs associés à l'environnement culturel

Une cartographie des cultures dans les zones d'étude a été élaborée par l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)/Observatoire du développement rural⁵ (ODR) à partir des sources de données suivantes :

- le registre parcellaire graphique (RPG)⁶, millésime 2021 ;
- le casier viticole informatisé (CVI), millésime 2021 ;
- le RPG complété, millésime 2021 ;
- la couche OSO (télédétection)⁷, millésime 2021.

À partir de cette cartographie des cultures et des données issues de la banque nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés (BNVD) spatialisée fournies par INRAE/ODR, plusieurs indicateurs ont été construits par Santé publique France et l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) dans le but de caractériser l'environnement culturel à proximité des foyers concernés par le volet air intérieur (cf. 7.5.2 du Tome 0).

L'ensemble des indicateurs construits et utilisés pour le volet air intérieur sont :

- la distance (m) à la parcelle viticole la plus proche (quelle que soit la surface de la parcelle) pour les foyers en zones viticoles ;
- les indicateurs spatialisés de niveau 1 qui décrivent la densité de vignes (ha et %) dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m autour des foyers en zones viticoles ;
- les indicateurs spatialisés de niveau 2 qui décrivent la quantité de substance active (kg) probablement utilisée au cours de la durée d'enquête sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m autour de chaque foyer localisé en zones viticoles. Ils sont renseignés pour la durée d'enquête de chaque foyer. Ils sont construits à partir des indicateurs spatialisés de niveau 1, des données issues de BNVD spatialisée et de l'estimation de la temporalité des traitements par les substances actives pour l'année 2022 (calendrier de traitements établi à dire d'experts d'après les bulletins de santé du végétal et les enquêtes des fermes DEPHY) ;
- les indicateurs spatialisés de niveau 3 qui décrivent la quantité de substance active (kg) qui a probablement dérivé vers le foyer. Ils sont calculés à partir des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m en tenant compte des directions de vent locales (8 secteurs de vent). Ils sont renseignés pour la durée d'enquête de chaque foyer.

Le détail de la méthode de construction est présenté en Annexe 16 du Tome 0.

⁵ Anna Lungarska, Thomas Lecaé, Thomas Poméon, Pierre Cantelaube, Benjamin Lardot. Construction d'un parcellaire viticole et spatialisation de la BNV-D. INRAE - US ODR. 2024.

⁶ La localisation des îlots se fait à l'échelle du 1:5000 sur le fond photographique de la BD Ortho (IGN).

⁷ La résolution est comprise entre 10 m et 60 m.

4.2.2 Distance à la parcelle viticole la plus proche

Le Tableau 11 présente la distribution de la distance à la parcelle viticole la plus proche pour les foyers localisés en zones viticoles en période de traitement (N=188) et en période hors traitement (N=79) (distribution sous forme de box-plot disponible en Annexe 9). Les foyers en zones viticoles sont localisés entre 6 et 513 m de la parcelle viticole la plus proche en période de traitement et entre 11 et 469 m en période hors traitement. La médiane est plus faible en période hors traitement (76 m) qu'en période de traitement (90 m).

Tableau 11 : Distance à la parcelle viticole la plus proche des foyers avec prélèvement d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Nombre de foyers	Distance des foyers à la parcelle viticole la plus proche (m)								
		Moyenne	Ecart-type	Min	P05	P25	P50 (Médiane)	P75	P95	Max
Zones viticoles en période de traitement	188	140	127	6	12	39	90	210	427	513
Zones viticoles en période hors traitement	79	114	100	11	16	44	76	162	280	469

La Figure 6 présente la répartition du nombre de foyers en zones viticoles par anneau de distance à la parcelle viticole la plus proche :

- en période de traitement, 52 %, 47,5 % et 0,5 % des foyers ont une distance à la première parcelle viticole comprise respectivement entre 0 et 100 m, 100 et 500 m et 500 et 1 000 m ;
- en période hors traitement, 62 % et 38 % des foyers ont une distance à la première parcelle viticole comprise respectivement entre 0 et 100 m et 100 et 500 m.

Le protocole de l'étude PestiRiv⁸, qui prévoit que les foyers enquêtés soient situés entre 0 et 500 m de vignes, est donc respecté dans 100 % des cas en période hors traitement et dans 99,5 % des cas en période de traitement. Les cas de non-respect du protocole peuvent s'expliquer par le fait que les bases de données utilisées pour construire la cartographie des cultures pour les indicateurs sont plus précises que celles utilisées pour le recrutement.

⁸ [PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non-viticoles. Protocole.](#)

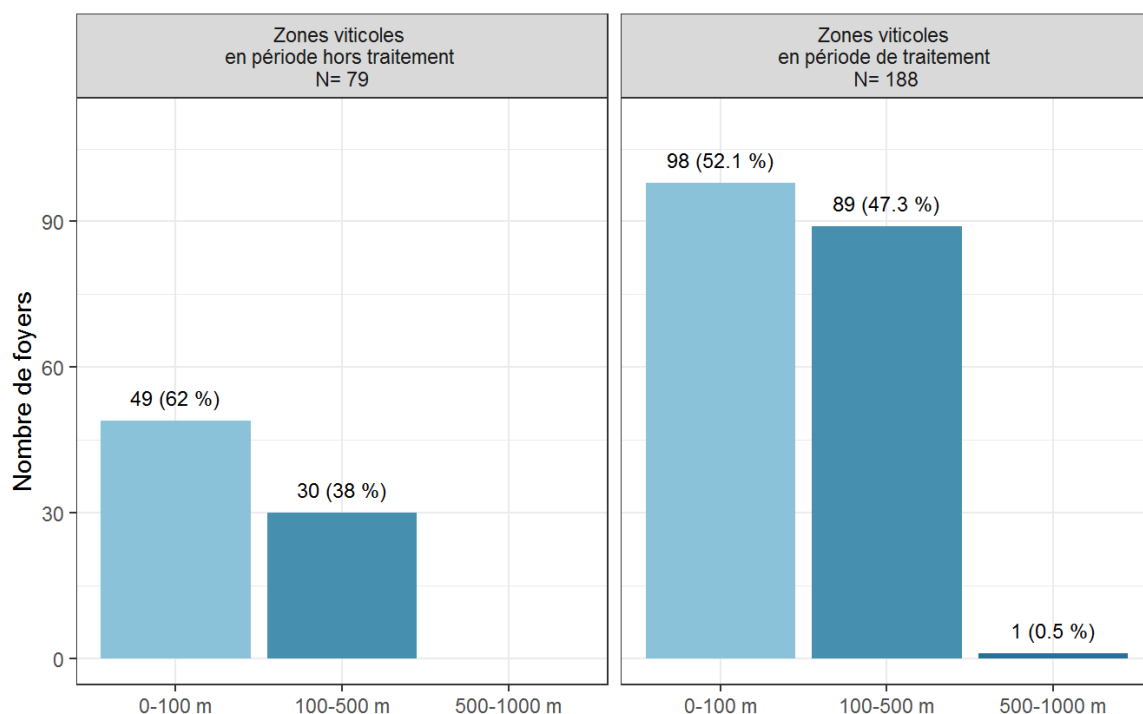


Figure 6 : Répartition du nombre de foyers avec prélèvement d'air intérieur par anneau de distance selon la distance à la parcelle viticole la plus proche. PestiRiv, France, 2021-2022.

4.2.3 Indicateurs spatialisés de niveau 1

Les indicateurs spatialisés de niveau 1 décrivent la densité de vignes selon 3 cercles de rayons 100 m, 500 m et 1 000 m autour des foyers en zones viticoles.

La Figure 7 et le Tableau 12 présentent la distribution de cet indicateur (%) en période de traitement (N=188) et en période hors traitement (N=79). Les indicateurs spatialisés de niveau 1 se répartissent comme suit :

- en période de traitement :
 - pour le cercle de rayon 100 m, entre 0 % et 85 % (médiane à 0,4 %) ;
 - pour le cercle de rayon 500 m, entre 0 % et 75 % (médiane à 20 %) ;
 - pour le cercle de rayon 1 000 m, entre 2 % et 80 % (médiane à 22 %).
- en période hors traitement :
 - pour le cercle de rayon 100 m, entre 0 % et 50 % (médiane à 2 %) ;
 - pour le cercle de rayon 500 m, entre 0,2 % et 63 % (médiane à 22 %) ;
 - pour le cercle de rayon 1 000 m, entre 3,5 % et 73 % (médiane à 25 %).

Ainsi, **la distribution des indicateurs spatialisés de niveau 1 est globalement similaire quelle que soit la période**. Il est rappelé que la densité de vignes dépend de la surface de vignes présente dans un cercle de rayon considéré : elle n'augmente donc pas nécessairement avec le rayon.

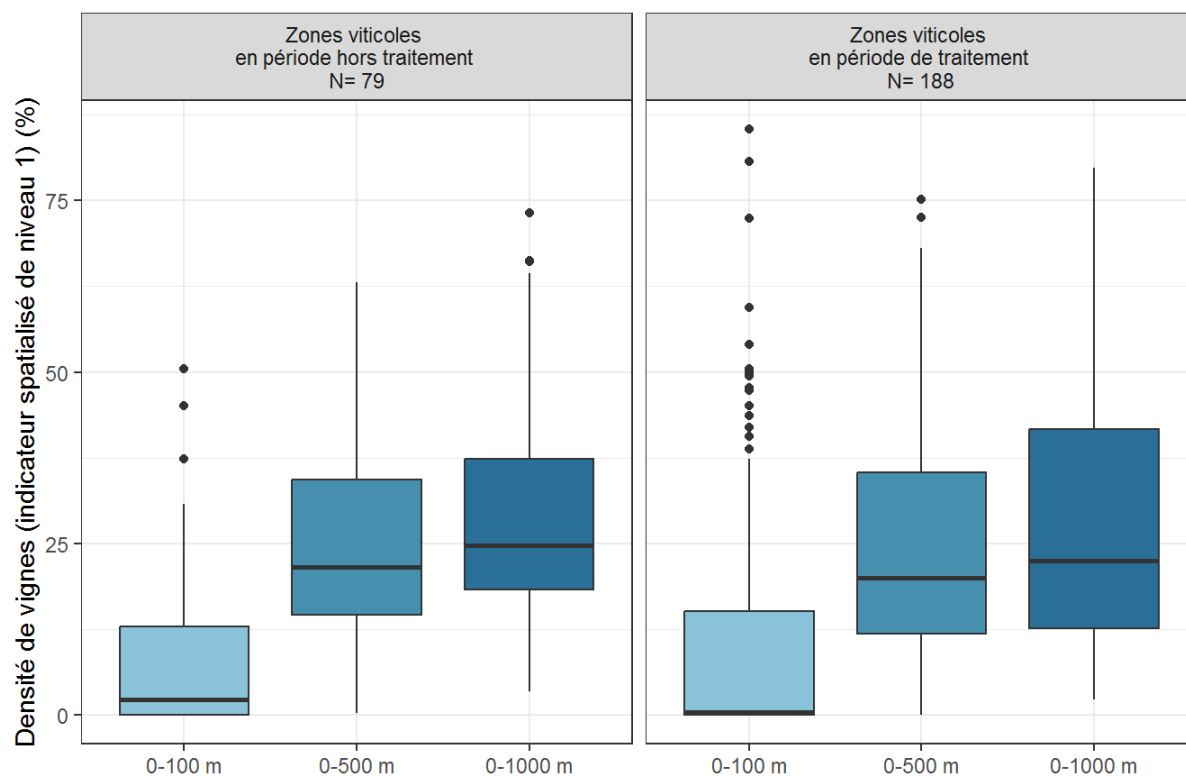


Figure 7 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayons 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1) autour des foyers avec prélèvement d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 12 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1) des foyers avec prélèvement d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Nombre de foyers	Rayon du cercle autour des foyers (m)	Densité de vignes (%) (indicateurs spatialisés de niveau 1)								
			Moyenne	Ecart-type	Min	P05	P25	P50 (Médiane)	P75	P95	Max
Zones viticoles en période de traitement	188	100	10,4	17,0	0	0	0	0,4	15,1	47,4	85,4
		500	28,1	18,9	0	0,8	11,8	20,0	35,3	61,3	75,2
		1 000	25,1	18,4	2,2	7,3	12,6	22,5	41,7	65,8	79,8
Zones viticoles en période hors traitement	79	100	8,2	11,6	0	0	0	2,3	12,9	28,8	50,4
		500	24,7	14,3	0,2	5,0	14,6	21,6	34,3	53,7	63,1
		1 000	29,0	15,6	3,5	10,7	18,3	24,7	37,4	60,6	73,1

Le Tableau 13 précise le pourcentage de foyers en zones viticoles pour lesquels des vignes sont présentes dans les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m. En accord avec le paragraphe 0, quelle que soit la période :

- la totalité des foyers ont des vignes présentes dans un cercle de rayon 1 000 m ;
- la quasi-totalité des foyers ont des vignes présentes dans un cercle de rayon 500 m (99,5 % en période de traitement et 100 % en période hors traitement) ;
- un peu plus de 50 % des foyers ont des vignes présentes dans un cercle de rayon 100 m (52 % en période de traitement et 62 % en période hors traitement).

Tableau 13 : Nombre de foyers avec prélèvement d'air intérieur selon la densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1). PestiRiv, France, 2021-2022.

	Nombre de foyers	Rayon du cercle autour des foyers (m)	Foyers avec présence de vignes (densité de vignes ≠ 0)	
			Effectif	Pourcentage (%)
Zones viticoles en période de traitement	188	100	98	52,1
		500	187	99,5
		1 000	188	100
Zones viticoles en période hors traitement	79	100	49	62,0
		500	79	100
		1 000	79	100

La description des indicateurs spatialisés de niveau 1 exprimée en surface de vignes (ha) pour les foyers en zones viticoles est disponible en Annexe 9.

Les foyers localisés en zones non viticoles ont tous des surfaces de vignes nulles dans les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m.

4.2.4 Indicateurs spatialisés de niveau 2

Les indicateurs spatialisés de niveau 2 estiment la quantité de chaque substance active (kg) probablement utilisée pendant la semaine du prélèvement d'air intérieur sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m autour de chaque foyer localisé en zones viticoles. Les distributions globale et temporelle des indicateurs sont présentées respectivement en Annexe 10 et Annexe 11. Chaque substance présente un profil d'utilisation spécifique dans le temps et dans l'espace.

Bilan général

32 substances (parmi les 40 recherchées) ont été probablement utilisées au moins une fois au cours de la période de traitement et/ou au cours de la période hors traitement autour des foyers avec prélèvement d'air intérieur, parmi lesquelles :

- 3 substances (flumioxazine, napropamide, trifloxystrobine) sont probablement utilisées au moins une fois au cours de la période hors traitement et au cours de la période de traitement. Il s'agit d'herbicides, sauf la trifloxystrobine qui est un fongicide ;
- 1 substance herbicide (propyzamide) est probablement utilisée uniquement en période hors traitement ;
- 28 substances sont probablement utilisées uniquement en période de traitement.

8 substances (carbétamide, chlorpyrifos-méthyl, cyfluthrine, myclobutanil, oryzalin, quinoxifène, thiaméthoxame, triadiménol) n'ont probablement jamais été utilisées ni au cours de la période de traitement ni au cours de la période hors traitement autour des foyers avec prélèvement d'air intérieur.

Description pour les foyers en zones viticoles en période de traitement

Les résultats des indicateurs spatialisés de niveau 2 associés aux foyers avec prélèvement d'air intérieur indiquent que, au global, **pendant la période de traitement de l'étude PestiRiv (14/03/2022 au 06/09/2022), 31 substances (parmi les 40 recherchées) ont été probablement utilisées sur les vignes** localisées dans un cercle de rayon 1 000 m, **avec**

toutefois des niveaux d'utilisation variables dans le temps et dans l'espace selon les substances :

- le cyazofamide, le difénoconazole, le folpel et le zoxamide sont utilisés autour d'environ 80 % à 90 % des foyers tout au long de la période de traitement (parfois jusqu'à fin juillet) ;
- le cymoxanil, la métrafénone, le diméthomorphe et la spiroxamine sont utilisés autour d'environ 50 % à 80 % des foyers des foyers tout au long de la période de traitement (parfois jusqu'à fin juillet) ;
- le tébuconazole et le métalaxyl sont utilisés autour d'environ 40 à 50 % des foyers tout au long de la période de traitement jusqu'à fin juillet ;
- la trifloxystrobine et le fluopyrame sont utilisés autour d'environ 40 à 50 % des foyers entre mai et juin/juillet ;
- la lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine sont utilisées autour d'environ 30 à 40 % des foyers tout au long de la période de traitement ;
- le cyprodinil est utilisé autour d'environ 30 à 40 % des foyers entre mai et juillet ;
- l'indoxacarbe, l'iprovalicarbe et la cyperméthrine sont utilisés autour d'environ 20 à 30 % des foyers tout au long de la période de traitement (parfois jusqu'à fin juillet) ;
- le boscalid, le pyriméthanil et le fenhexamide sont utilisés autour d'environ 20 à 30 % des foyers entre mai et juillet ;
- l'étofenprox, le krésoxym-méthyl, le tau-fluvalinate et l'esfenvalérate sont utilisés autour d'environ 10 à 20 % des foyers entre avril/mai et juin/juillet ;
- la pyraclostrobine et la mépanipyrimine sont utilisées autour d'environ 5 à 10 % des foyers entre mai et juin/juillet ;
- le napropamide, la flumioxazine et la pendiméthaline sont utilisés autour de moins de 10 % des foyers entre mars et avril ;
- l'acrinathrine est utilisée autour d'environ 0,5 % des foyers début juin.

Description pour les foyers en zones viticoles en période hors traitement

Les résultats des indicateurs spatialisés de niveau 2 associés aux foyers avec prélèvement d'air intérieur indiquent que, au global, **pendant la période hors traitement de l'étude PestiRiv (30/10/2021 au 28/02/2022), les 40 substances recherchées n'ont probablement pas été utilisées sur les vignes** localisées dans un cercle de rayon 1 000 m **sauf de façon très ponctuelle ou locale pour 4 substances :**

- le propyzamide est utilisé autour d'environ 25 % des foyers dans des traitements herbicides entre mi-décembre 2021 fin février 2022 ;
- le napropamide et la flumioxazine sont utilisés autour d'environ 5 à 10 % des foyers dans des traitements herbicides à partir de mi-février ;
- la trifloxystrobine est utilisée autour d'environ 5 % des foyers dans des traitements fongicides contre l'excoriose en février.

Cohérence des estimations d'utilisation des substances avec leur approbation au niveau européen

Le Tableau 14 synthétise l'information sur l'utilisation probable des 40 substances pour l'ensemble des foyers, en précisant le statut d'approbation des substances au niveau européen.

Les indicateurs spatialisés de niveau 2 sont cohérents par rapport aux approbations des substances actives phytopharmaceutiques au niveau européen :

- parmi les 32 substances probablement utilisées au moins une fois dans un cercle de rayon 1 000 m autour des foyers :
 - o 30 sont approuvées au niveau européen ;

- 2 ne sont pas approuvées (indoxacarbe et acrinathrine), mais les descriptions temporelles des indicateurs spatialisés de niveau 2 sont en accord avec les dates de fin d'utilisation (indoxacarbe : fin d'utilisation au 19/09/2022 ; acrinathrine : fin d'utilisation au 31/12/2022).
- parmi les 8 substances probablement jamais utilisées dans un cercle de rayon 1 000 m autour des foyers :
 - 8 ne sont pas approuvées (dont 3 avec une fin d'utilisation au 31/05/2022).

Tableau 14 : Estimation des utilisations des 40 substances analysées dans l'air intérieur et cohérence avec les approbations des substances actives phytopharmaceutiques au niveau européen. PestiRiv, France, 2021-2022.

		AIR INTERIEUR - Foyers en zones viticoles							
		Indicateur spatialisé de niveau 2 en <u>période de traitement</u>			Indicateur spatialisé de niveau 2 en <u>période hors traitement</u>				
Nom substance*	N° CAS	100 m	500 m	1 000 m	100 m	500 m	1 000 m	Statut EU PPP (A = autorisé ; NA = non autorisé)	Fin d'utilisation
zoxamide	156052-68-5	X	X	X				A	
folpel	133-07-3	X	X	X				A	
spiroxamine	118134-30-8	X	X	X				A	
diméthomorphe	110488-70-5	X	X	X				A	
métrafénone	220899-03-6	X	X	X				A	
cyazofamide	120116-88-3	X	X	X				A	
cymoxanil	57966-95-7	X	X	X				A	
fluopyrame	658066-35-4	X	X	X				A	
trifloxystrobine	141517-21-7	X	X	X		X	X	A	
tau-fluvalinate	102851-06-9	X	X	X				A	
fenhexamide	126833-17-8	X	X	X				A	
cyprodinil	121552-61-2	X	X	X				A	
difénoconazole	119446-68-3	X	X	X				A	
boscalid	188425-85-6	X	X	X				A	
étofenprox	80844-07-1	X	X	X				A	
pyriméthanil	53112-28-0	X	X	X				A	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	X	X	X				A	
flumioxazine	103361-09-7	X	X	X		X	X	A	
pyraclostrobine	175013-18-0	X	X	X				A	
napropamide	15299-99-7	X	X	X		X	X	A	
indoxacarbe	173584-44-6	X	X	X				NA	Fin d'utilisation : 19/09/2022

		AIR INTERIEUR - Foyers en zones viticoles							
		Indicateur spatialisé de niveau 2 en <u>période de traitement</u>			Indicateur spatialisé de niveau 2 en <u>période hors traitement</u>				
Nom substance*	N° CAS	100 m	500 m	1 000 m	100 m	500 m	1 000 m	Statut EU PPP (A = autorisé ; NA = non autorisé)	Fin d'utilisation
métalaxyl	70630-17-0	X	X	X				A	
deltaméthrine	52918-63-5	X	X	X				A	
tébuconazole	107534-96-3	X	X	X				A	
mépanipyrime	110235-47-7	X	X	X				A	
cyperméthrine	52315-07-8	X	X	X				A	
esfenvalérate	66230-04-4	X	X	X				A	
krésoxim-méthyl	143390-89-0		X	X				A	
iprovalicarbe	140923-17-7		X	X				A	
pendiméthaline	40487-42-1			X				A	
acrinathrine	101007-06-1			X				NA	Fin d'utilisation : 31/12/2022
propyzamide	23950-58-5				X	X	X	A	
carbétamide	16118-49-3							NA	Fin d'utilisation : 31/05/2022
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0							NA	Fin d'utilisation : 16/04/2020
cyfluthrine	68359-37-5							NA	Fin d'utilisation : 20/07/2021
myclobutanil	88671-89-0							NA	Fin d'utilisation : 31/05/2022
oryzalin	19044-88-3							NA	Fin d'utilisation : 31/05/2022
quinoxifène	124495-18-7							NA	Fin d'utilisation : 27/03/2020
thiaméthoxame	153719-23-4							NA	Fin d'utilisation : 19/12/2018
triadiménol	55219-65-3							NA	Fin d'autorisation : 31/08/2019

Légende :

* Par ordre décroissant de valeur maximale d'indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon 1 000 m en période de traitement

X	Au moins une utilisation pour un foyer
	Aucune utilisation

4.2.5 Indicateurs spatialisés de niveau 3

Les indicateurs spatialisés de niveau 3 estiment la quantité de chaque substance active (kg) probablement utilisée pendant la semaine de prélèvement d'air intérieur sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m autour de chaque foyer localisé en zones viticoles et qui a probablement dérivé en fonction du vent vers le foyer pendant la semaine de prélèvement d'air intérieur. Ils sont calculés pour chacun des 3 cercles à partir des indicateurs spatialisés de niveau 2 en tenant compte des directions de vent locales (8 secteurs de vent). Les distributions globale et temporelle sont présentées respectivement en Annexe 12 et Annexe 13.

Les indicateurs spatialisés de niveau 3 étant estimés à partir des indicateurs spatialisés de niveau 2, les conclusions sont globalement similaires à celles formulées pour les indicateurs spatialisés de niveau 2 en termes de substances représentées selon la période et les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1 000 m (Annexe 14), à l'exception de :

- 9 substances (cyperméthrine, deltaméthrine, esfenvalérate, flumioxazine, indoxacarbe, mépanipyrime, métalaxyl, napropamide, tébuconazole) en période de traitement pour le cercle de rayon 100 m ;
- 1 substance (acrinathrine) en période de traitement pour le cercle de rayon 1 000 m.

Par construction, l'indicateur spatialisé représentant la quantité de substance qui a probablement dérivé vers les sites en tenant compte de la direction des vents est plus faible que la quantité de substance probablement utilisée dans un cercle de rayon donné. À noter que la baisse observée entre les maximums des indicateurs spatialisés des niveaux 2 et 3 est comprise selon les substances entre -67 % et -93 % en période hors traitement, et entre -42 % et -100 % en période de traitement (Annexe 14).

5 CONTAMINATION DE L'AIR INTERIEUR

Avertissement

Au vu des faibles effectifs, la contamination de l'air intérieur est présentée pour les échantillons **sans application des poids de sondage dans la suite du rapport** :

- 188 échantillons collectés en zones viticoles en période de traitement ;
- 44 échantillons collectés en zones non viticoles en période de traitement ;
- 79 échantillons collectés en zones viticoles en période hors traitement.

L'Annexe 15 met à disposition les résultats de contamination après application des poids de sondage, ce qui permet de représenter les résultats à l'échelle de la population d'étude en zones viticoles et en zones non viticoles, avec toutefois une incertitude du fait du faible effectif de l'échantillon.

5.1 Contamination en zones viticoles en période de traitement

5.1.1 Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période de traitement

5.1.1.1 Bilan synthétique

Les résultats d'analyse sont rendus pour les 40 substances pour les 188 échantillons d'air intérieur collectés en zones viticoles en période de traitement. Le Tableau 15 présente pour chaque substance :

- les limites de détection C_{LD} et quantification C^{LQ} (ng/m^3) calculées sur la base des limites analytiques et du volume de prélèvement théorique, variables selon les substances et comprises entre 0,009 et 0,186 ng/m^3 pour les limites de détection et entre 0,03 et 0,62 ng/m^3 pour les limites de quantification ;
- les fréquences de détection et de quantification : sur les 40 substances, 30 sont détectées ($FD > 0 \%$) et 22 sont quantifiées ($FQ > 0 \%$) dans les 188 échantillons d'air intérieur ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 15 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m³) des 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
acrinathrine	101007-06-1	0,186	0,62	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
boscalid	188425-85-6	0,047	0,16	1,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08
carbétamide	16118-49-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,037	0,12	7,4	2,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,99
cyazofamide	120116-88-3	0,047	0,16	2,1	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,91
cyfluthrine	68359-37-5	0,056	0,19	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cymoxanil	57966-95-7	0,047	0,16	8,5	8,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24	1,16
cyperméthrine	52315-07-8	0,074	0,25	18,6	5,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24	6,59
cyprodinil	121552-61-2	0,019	0,06	5,3	2,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	0,22
deltaméthrine	52918-63-5	0,037	0,12	1,1	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07
difénoconazole	119446-68-3	0,047	0,16	4,8	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,32
diméthomorphe	110488-70-5	0,047	0,16	3,7	1,6	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,47
esfenvalérate	66230-04-4	0,024	0,08	1,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06
étofenprox	80844-07-1	0,019	0,06	1,6	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,17
fenhexamide	126833-17-8	0,047	0,16	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05
flumioxazine	103361-09-7	0,186	0,62	1,1	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,4
fluopyrame	658066-35-4	0,047	0,16	19,7	2,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,12	0,59
folpel	133-07-3	0,056	0,19	56,9	39,9	<LD	<LD	<LD	0,09	0,34	1,79	4,72
indoxacarbe	173584-44-6	0,047	0,16	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07
iprovalicarbe	140923-17-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,019	0,06	3,2	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,13
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,019	0,06	2,7	2,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	2,11
mépanipyrime	110235-47-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métalaxyl	70630-17-0	0,047	0,16	4,8	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,38
métrafénone	220899-03-6	0,047	0,16	3,2	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,12
myclobutanil	88671-89-0	0,037	0,12	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1
napropamide	15299-99-7	0,019	0,06	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
oryzalin	19044-88-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	0,019	0,06	39,9	11,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,04	0,08	1,2
propyzamide	23950-58-5	0,019	0,06	16,5	5,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,11
pyraclostrobine	175013-18-0	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pyriméthanol	53112-28-0	0,047	0,06	36,7	28,2	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	0,16	0,33

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
quinoxifène	124495-18-7	0,009	0,03	0,5	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09
spiroxamine	118134-30-8	0,047	0,16	25,0	13,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,66	10,12
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,047	0,16	1,6	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,23
tébuconazole	107534-96-3	0,047	0,16	13,3	2,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	1,28
thiaméthoxame	153719-23-4	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
trifloxystrobine	141517-21-7	0,037	0,12	9,0	1,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	0,2
zoxamide	156052-68-5	0,047	0,16	6,9	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,16

(a) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de détection et du volume de prélèvement théorique

(b) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de quantification et du volume de prélèvement théorique

Les paramètres de distribution des concentrations **après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine »** (cf. 2.4.1) (concentration moyenne (C_{moy}), C_{min} , P5, P25, P50, P75, P95 et C_{max}) sont disponibles en Annexe 16. **Les données obtenues après application du scénario de gestion sont utilisées dans la suite de cette partie.**

5.1.1.2 Limites analytiques

L'Annexe 17 présente pour chaque substance analysée :

- les limites analytiques de détection (LD) et de quantification (LQ), qui expriment respectivement les masses minimales détectées et quantifiées par la chaîne analytique utilisée par le laboratoire (ng/échantillon) ;
- les limites de détection (C_{LD}) et de quantification (C_{LQ}) calculées à partir des LD et LQ et du volume de prélèvement théorique (40 m^3) (ng/m^3) ;
- la distribution (min, max et moyenne) des limites réelles de détection et de quantification calculées à partir des LD et LQ et des volumes de prélèvement réels par site et par prélèvement (ng/m^3). En effet, le volume de prélèvement d'air réel dépend à la fois du débit réel de prélèvement (débit théorique = $4\text{ L}/\text{min}$ soit $0,24\text{ m}^3/\text{h}$) ainsi que de la durée réelle de prélèvement (durée théorique = 168 h).

La Figure 8 présente, pour chaque substance analysée, les paramètres de distribution principaux (min, max et moyenne) des concentrations associées aux limites réelles de détection et de quantification. Les substances détectées (en gras) sont majoritairement celles qui présentent les limites analytiques les plus faibles. Ces paramètres analytiques ne peuvent toutefois pas à eux seuls expliquer les résultats de contamination observés, puisque le folpel, qui a la fréquence de détection la plus élevée (FD = 56,9 %), est par exemple la 5^{ème} substance avec les limites les plus élevées.

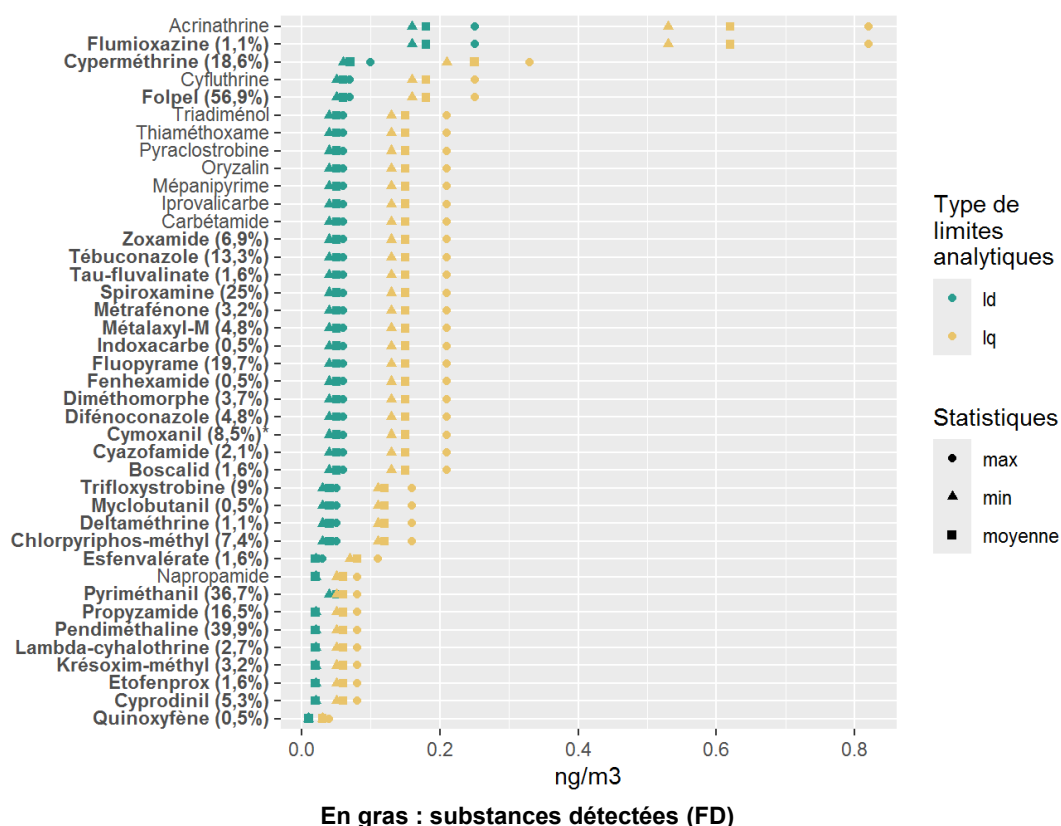


Figure 8 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m^3) des substances recherchées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

5.1.1.3 Fréquences de détection et de quantification

La Figure 9 présente les fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. Le Tableau 16 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification (cf. Annexe 18 pour le classement selon la fréquence de détection).

Ainsi, sur 40 substances analysées, 30 substances sont détectées dont 22 sont quantifiées dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement des vignes. L'acrinathrine, le carbétamide, la cyfluthrine, l'iprovalicarbe, le mépanipyrime, le napropamide, l'oryzalin, la pyraclostrobine, le thiaméthoxame et le triadiménol ne sont jamais détectés, la plupart n'étant plus autorisés en tant que PPP (cf. 4.2.4).

Parmi les substances les plus quantifiées :

- 2 substances (folpel, pyriméthanil) ont une FQ comprise entre 20 % et 40 % ;
- 2 substances (spiroxamine, pendiméthaline) ont une FQ comprise entre 10 % et 20 %.

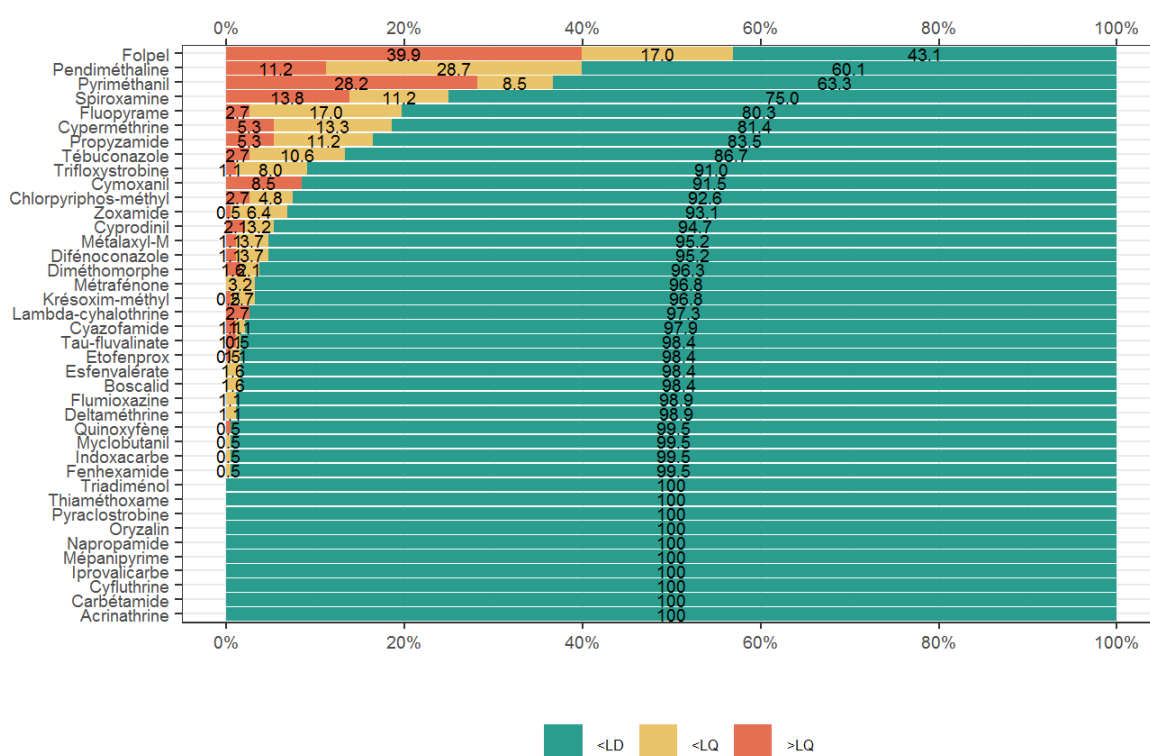


Figure 9 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur collectés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 16 : Classement des 22 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification (FQ) (%)	
quinoxifène	124495-18-7	0,5	FQ > 0 % - 22 substances
étofenprox	80844-07-1	0,5	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,5	
zoxamide	156052-68-5	0,5	
cyazofamide	120116-88-3	1,1	
difénoconazole	119446-68-3	1,1	
métalaxyl	70630-17-0	1,1	
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,1	
trifloxystrobine	141517-21-7	1,1	
diméthomorphe	110488-70-5	1,6	
cyprodinil	121552-61-2	2,1	
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	2,7	
fluopyrame	658066-35-4	2,7	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	
tébuconazole	107534-96-3	2,7	
cyperméthrine	52315-07-8	5,3	FQ > 5 % - 7 substances
propyzamide	23950-58-5	5,3	
cymoxanil	57966-95-7	8,5	
pendiméthaline	40487-42-1	11,2	FQ > 10 % - 4 substances
spiroxamine	118134-30-8	13,8	
pyriméthanil	53112-28-0	28,2	FQ > 20 % - 2 substances
folpel	133-07-3	39,9	FQ > 30 % - 1 substance

Le Tableau 17 détaille les paramètres de distribution associés au nombre de substances détectées et au nombre de substances quantifiées par foyer. Ainsi, entre 1 et 17 substances sont détectées par foyer (médiane à 3), et entre 1 et 8 sont quantifiées par foyer (médiane à 2).

Tableau 17 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Moy	Min	P5	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max
Nombre de substances détectées par foyer	4	1	1	2	3	4	9	17
Nombre de substances quantifiées par foyer	2	1	1	1	2	3	5	8

5.1.1.4 Distribution des concentrations par substance

Les Figure 10 à Figure 13 représentent les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des substances (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine » ; cf. 2.4.1) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement, les substances étant regroupées en 4 catégories selon leur concentration médiane (correspondant aux quartiles des médianes de l'ensemble des substances).

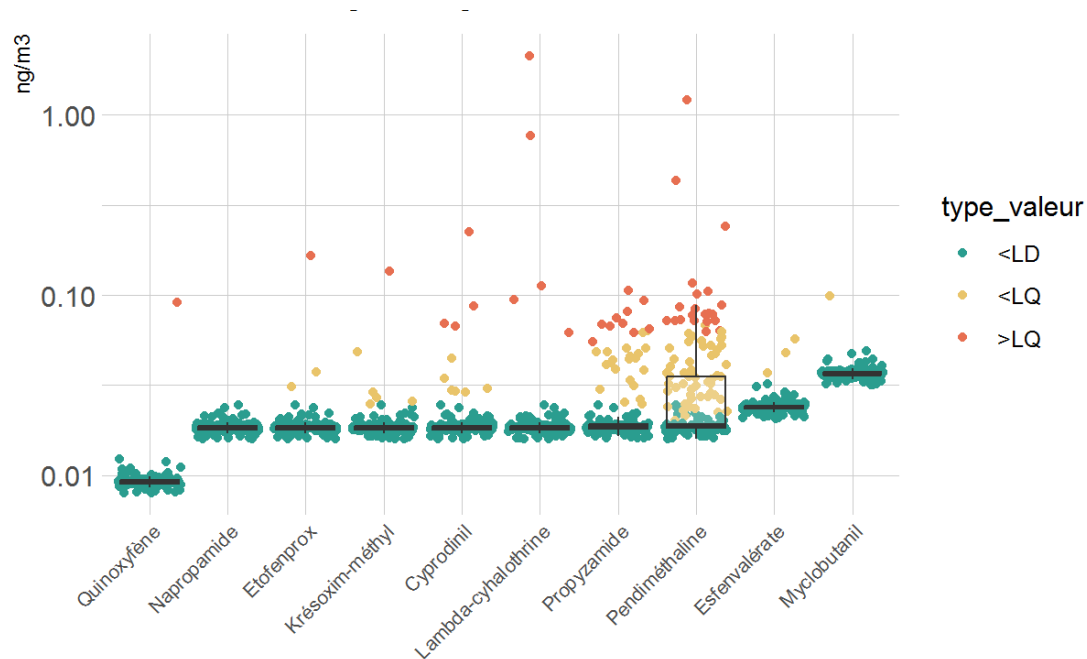


Figure 10 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 1^{er} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

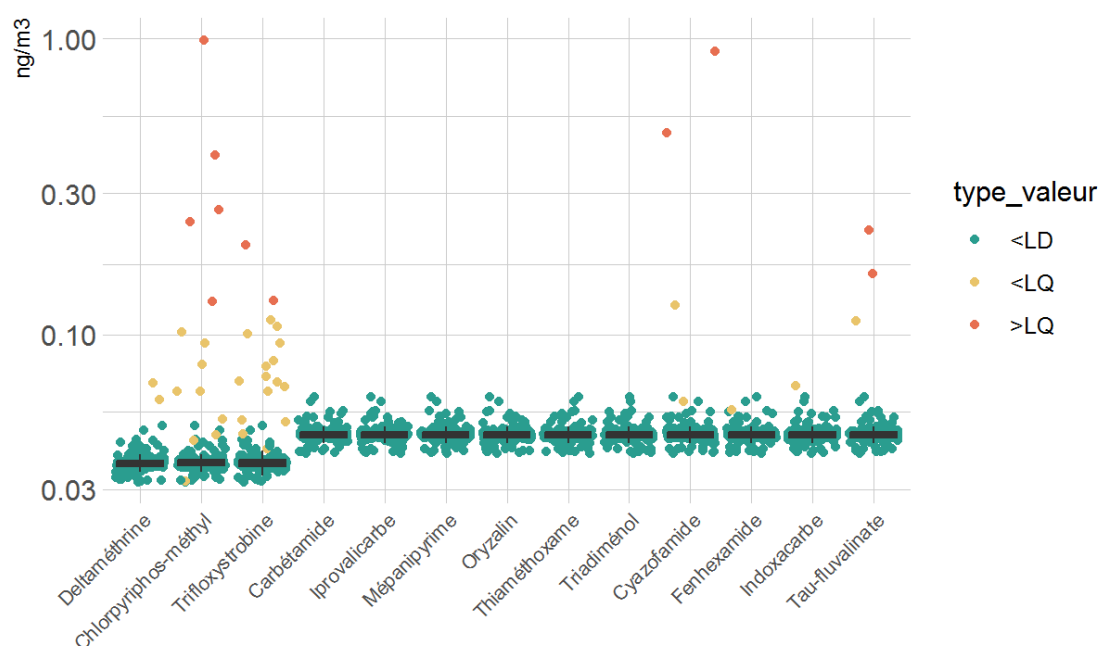


Figure 11 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 2^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 12 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 3^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

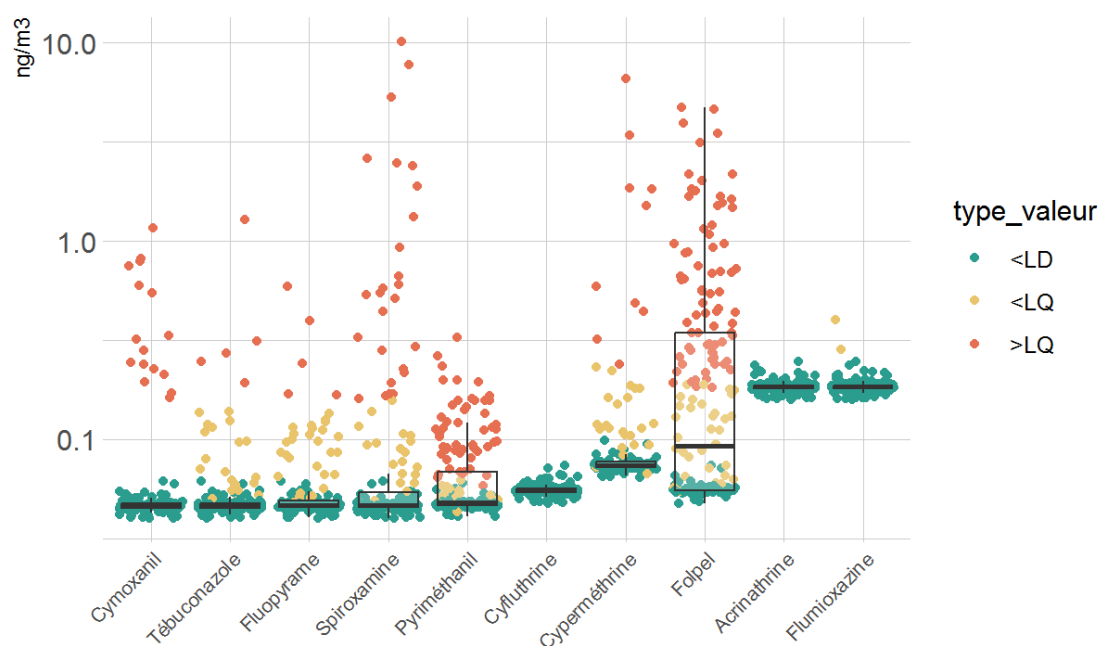


Figure 13 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 4^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

Les distributions par substance sont disponibles en Annexe 19.

Le Tableau 18 présente les fréquences de détection (FD) et les 95^{ème} centiles (P95) des concentrations des 13 substances détectées dans plus de 5 % des échantillons. Le P95 varie d'un facteur 60 entre la valeur la plus élevée (folpel : 1,79 ng/m³) et la plus faible (cyprodinil : 0,03 ng/m³). 1 substance présente un P95 supérieur à 1 ng/m³ : le folpel (1,79 ng/m³). Le P95 est compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 6 substances : la spiroxamine (0,66 ng/m³), le cymoxanil (0,24 ng/m³), la cyperméthrine (0,24 ng/m³), le pyriméthanil (0,16 ng/m³), le fluopyrame (0,12 ng/m³) et le tébuconazole (0,11 ng/m³).

Tableau 18 : Classement des 13 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m³) dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection (FD) (%)	P95 (ng/m ³)	
cyprodinil	121552-61-2	5,3	0,03	P95 ≥ 0,01 ng/m³ - 13 substances
propyzamide	23950-58-5	16,5	0,06	
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	7,4	0,06	
zoxamide	156052-68-5	6,9	0,06	
trifloxystrobine	141517-21-7	9	0,07	
pendiméthaline	40487-42-1	39,9	0,08	
tébuconazole	107534-96-3	13,3	0,11	P95 ≥ 0,1 ng/m³ - 7 substances
fluopyrame	658066-35-4	19,7	0,12	
pyriméthanil	53112-28-0	36,7	0,16	
cyperméthrine	52315-07-8	18,6	0,24	
cymoxanil	57966-95-7	8,5	0,24	
spiroxamine	118134-30-8	25	0,66	P95 ≥ 0,5 ng/m³ - 2 substances
folpel	133-07-3	56,9	1,79	P95 ≥ 1 ng/m³ - 1 substance

5.1.1.5 Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur.

Le Tableau 19 présente, pour chaque substance analysée, la fréquence de détection et le pourcentage de foyers pour lesquels une utilisation de la substance dans un cercle de rayon 1 000 m est probable pendant la période de prélèvement d'air intérieur (indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon 1 000 m différent de 0). L'Annexe 20 superpose, pour chaque substance, les concentrations et les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 dans un cercle de rayon 1 000 m.

30 substances sont détectées parmi lesquelles :

- **2 substances** (chlorpyriphos-méthyl et quinoxyfène) n'avaient **aucun usage autorisé** pendant la campagne de mesures (dates de fin d'utilisation de PPP antérieures à la date de début de la période de traitement, pas d'usages biocides ou médicaments vétérinaires autorisés), ce qui est cohérent avec les indicateurs spatialisés de niveau 2 (cf. Tableau 19). Pour ces substances (FD respectives de 7,4 % et 0,5 %), l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - o suite à des usages antérieurs des substances quand elles étaient autorisées ;
 - o suite à des mésusages des substances depuis qu'elles sont interdites, potentiellement pendant la campagne de mesures.

- **28 substances avaient des usages PPP autorisés** pendant la campagne de mesures. Pour ces substances, l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - **suite à des traitements effectués à cette période sur la vigne :**
 - dans un cercle de rayon 1 000 m autour des foyers : cette hypothèse semble probable pour les substances pour lesquelles les indicateurs spatialisés de niveau 2 estiment qu'une utilisation autour des foyers est probable (cf. Tableau 19) ;
 - sur des distances supérieures à 1 000 m, *via* par exemple la contamination de l'air ambiant et/ou le transport de particules contaminées du sol.
 - **et/ou suite à des traitements effectués sur d'autres cultures que la vigne localisées à des distances supérieures à 1 000 m pendant la période de traitement et/ou en amont**, puisque seul l'acrinathrine et l'iprovalicarbe sont spécifiques de la vigne. Cette hypothèse est probable, surtout lorsque l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon 1 000 m ne permet pas d'expliquer certaines FD observées (notamment propyzamide, pendiméthaline).
 - **et/ou suite à un usage biocide et/ou un usage médicament vétérinaire.** En effet, parmi les substances :
 - 8 (alpha-cyperméthrine, cyperméthrine, deltaméthrine, étofenprox, folpel, indoxacarbe, lambda-cyhalothrine, tébuconazole,) ont également des usages biocides autorisés ;
 - 4 (cyperméthrine, deltaméthrine, indoxacarbe, tau-fluvalinate) ont également des usages médicaments vétérinaires autorisés.

Toutefois, cette hypothèse reste difficile à vérifier.

Parmi les 10 substances non détectées, 6 sont autorisées en tant que PPP pendant tout ou partie de la campagne de mesures, avec une utilisation probable de la substance autour d'environ 0 à 23 % des foyers (cf. Tableau 19).

Tableau 19 : Fréquence de détection dans l'air intérieur et pourcentage de foyers avec une utilisation probable de la substance dans un cercle de rayon 1 000 m pendant la période de prélèvement d'air intérieur pour les 40 substances analysées dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection (FD) (%)	Pourcentage de foyers avec une utilisation probable à 1 000 m (%)
cyazofamide	120116-88-3	2,1	86,7
difénoconazole	119446-68-3	4,8	85,6
folpel	133-07-3	56,9	83,5
zoxamide	156052-68-5	6,9	81,9
cymoxanil	57966-95-7	8,5	74,5
métrafénone	220899-03-6	3,2	73,9
diméthomorphe	110488-70-5	3,7	72,9
spiroxamine	118134-30-8	25	58,5
trifloxystrobine	141517-21-7	9	48,9
fluopyrame	658066-35-4	19,7	42,6
tébuconazole	107534-96-3	13,3	42,6
métalaxyl	70630-17-0	4,8	40,4
cyprodinil	121552-61-2	5,3	36,7
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	35,6
deltaméthrine	52918-63-5	1,1	35,1
boscalid	188425-85-6	1,6	29,8
indoxacarbe	173584-44-6	0,5	26,1
pyriméthanil	53112-28-0	36,7	23,9
iprovalicarbe	140923-17-7	0	22,9
cyperméthrine	52315-07-8	18,6	21,8
fenhexamide	126833-17-8	0,5	21,3
étofenprox	80844-07-1	1,6	17,6
krésoxim-méthyl	143390-89-0	3,2	16,5
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,6	15,4
esfenvalérate	66230-04-4	1,6	11,2
mépanipyrime	110235-47-7	0	7,5
pyraclostrobine	175013-18-0	0	6,4
napropamide	15299-99-7	0	5,9
flumioxazine	103361-09-7	1,1	5,3
pendiméthaline	40487-42-1	39,9	1,1
acrinathrine	101007-06-1	0	0,5
propyzamide	23950-58-5	16,5	0
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	7,4	0
myclobutanil	88671-89-0	0,5	0
quinoxifène	124495-18-7	0,5	0
carbétamide	16118-49-3	0	0
cyfluthrine	68359-37-5	0	0
oryzalin	19044-88-3	0	0
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0
triadiménol	55219-65-3	0	0

Légende :

Substance : substances détectées dans l'air intérieur pour lesquelles l'indicateur spatialisé de niveau 2 ne permet pas d'expliquer la FD

Substances : substances détectées dans l'air intérieur sans usages PPP autorisés pendant la période de traitement

Conclusion des mesures de pesticides dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement

Sur 40 substances analysées, 30 sont détectées dont 23 quantifiées.

4 substances (folpel, pendiméthaline, pyriméthanil, spiroxamine) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %.

2 substances ont une fréquence de quantification supérieure à 20 % (folpel, pyriméthanil) mais aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 40 %.

Les 95^{ème} centiles des concentrations des 13 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,03 ng/m³ et 1,79 ng/m³. Ils sont supérieurs à 1 ng/m³ pour 1 substance (folpel).

5.1.2 Distribution temporelle par substance tous foyers confondus

L'Annexe 21 présente, par substance, la distribution temporelle des concentrations (en échelle logarithmique) dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement pour les 30 substances détectées. L'exemple du folpel est illustré sur la Figure 14.

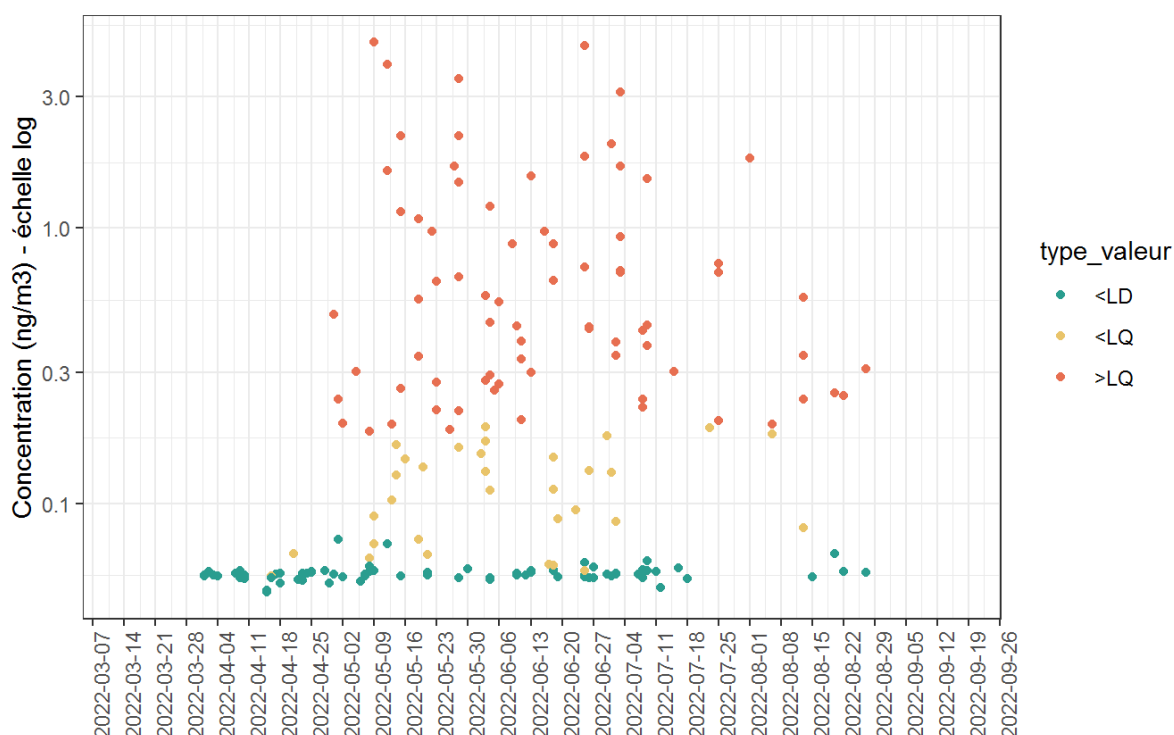


Figure 14 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m³) du folpel dans les 188 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.

5.2 Contamination en zones non viticoles en période de traitement

5.2.1 Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période de traitement

5.2.1.1 Bilan synthétique

Les résultats d'analyse sont rendus pour les 40 substances pour les 44 échantillons collectés en zones non viticoles en période de traitement. Le Tableau 20 présente pour chaque substance :

- les limites de détection C_{LD} et quantification C_{LQ} (ng/m³) calculées sur la base des limites analytiques et du volume de prélèvement théorique, variables selon les substances, et comprises entre 0,009 et 0,186 ng/m³ pour les limites de détection et entre 0,03 et 0,62 ng/m³ pour les limites de quantification ;
- les fréquences de détection et de quantification : sur les 40 substances, 13 sont détectées (FD > 0 %) et 9 sont quantifiées (FQ > 0 %) dans les 44 échantillons d'air intérieur ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 20 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m³) des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{Lo} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
acrinathrine	101007-06-1	0,186	0,62	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
boscalid	188425-85-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
carbétamide	16118-49-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,037	0,12	2,3	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,18
cyazofamide	120116-88-3	0,047	0,16	4,5	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,22
cyfluthrine	68359-37-5	0,056	0,19	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cymoxanil	57966-95-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyperméthrine	52315-07-8	0,074	0,25	4,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,13
cyprodinil	121552-61-2	0,019	0,06	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
deltaméthrine	52918-63-5	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
difénoconazole	119446-68-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
diméthomorphe	110488-70-5	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
esfenvalérate	66230-04-4	0,024	0,08	4,5	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,09
étofenprox	80844-07-1	0,019	0,06	2,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,02
fenhexamide	126833-17-8	0,047	0,16	2,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11
flumioxazine	103361-09-7	0,186	0,62	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
fluopyrame	658066-35-4	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
folpel	133-07-3	0,056	0,19	31,8	6,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	0,68	2,17
indoxacarbe	173584-44-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
iprovalicarbe	140923-17-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,019	0,06	2,3	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,1
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,019	0,06	2,3	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,15
mépanipyrime	110235-47-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métalaxyl	70630-17-0	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métrafénone	220899-03-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
myclobutanil	88671-89-0	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
napropamide	15299-99-7	0,019	0,06	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
oryzalin	19044-88-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	0,019	0,06	25,0	4,5	<LD	<LD	<LD	<LD	0,02	0,05	0,07
propyzamide	23950-58-5	0,019	0,06	6,8	2,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	0,09
pyraclostrobine	175013-18-0	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pyriméthanil	53112-28-0	0,047	0,06	11,4	6,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	0,09

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
quinoxifène	124495-18-7	0,009	0,03	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
spiroxamine	118134-30-8	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
tébuconazole	107534-96-3	0,047	0,16	9,1	0	<LD	0,04	<LD	<LD	<LD	0,06	0,1
thiaméthoxame	153719-23-4	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
trifloxystrobine	141517-21-7	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
zoxamide	156052-68-5	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

(a) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de détection et du volume de prélèvement théorique

(b) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de quantification et du volume de prélèvement théorique

Les paramètres de distribution des concentrations **après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine »** (cf. 2.4.1) (concentration moyenne (C_{moy}), C_{min} , P5, P25, P50, P75, P95 et C_{max}) sont disponibles en Annexe 22. **Les données obtenues après application du scénario de gestion sont utilisées dans la suite de cette partie.**

5.2.1.2 Limites analytiques

L'Annexe 23 détaille la distribution (min, max et moyenne) des limites réelles de détection et de quantification calculées à partir des LD et LQ et des volumes de prélèvement réels (ng/m^3).

La Figure 8 présente, pour chaque substance analysée, les paramètres de distribution principaux (min, max et moyenne) des concentrations associées aux limites réelles de détection et de quantification. Les substances détectées (en gras) sont majoritairement celles qui présentent les limites analytiques les plus faibles. Ces paramètres analytiques ne peuvent toutefois pas à eux seuls expliquer les résultats de contamination observés, puisque le folpel, qui a la fréquence de détection la plus élevée (FD = 31,8 %), est par exemple la 5^{ème} substance avec les limites les plus élevées.

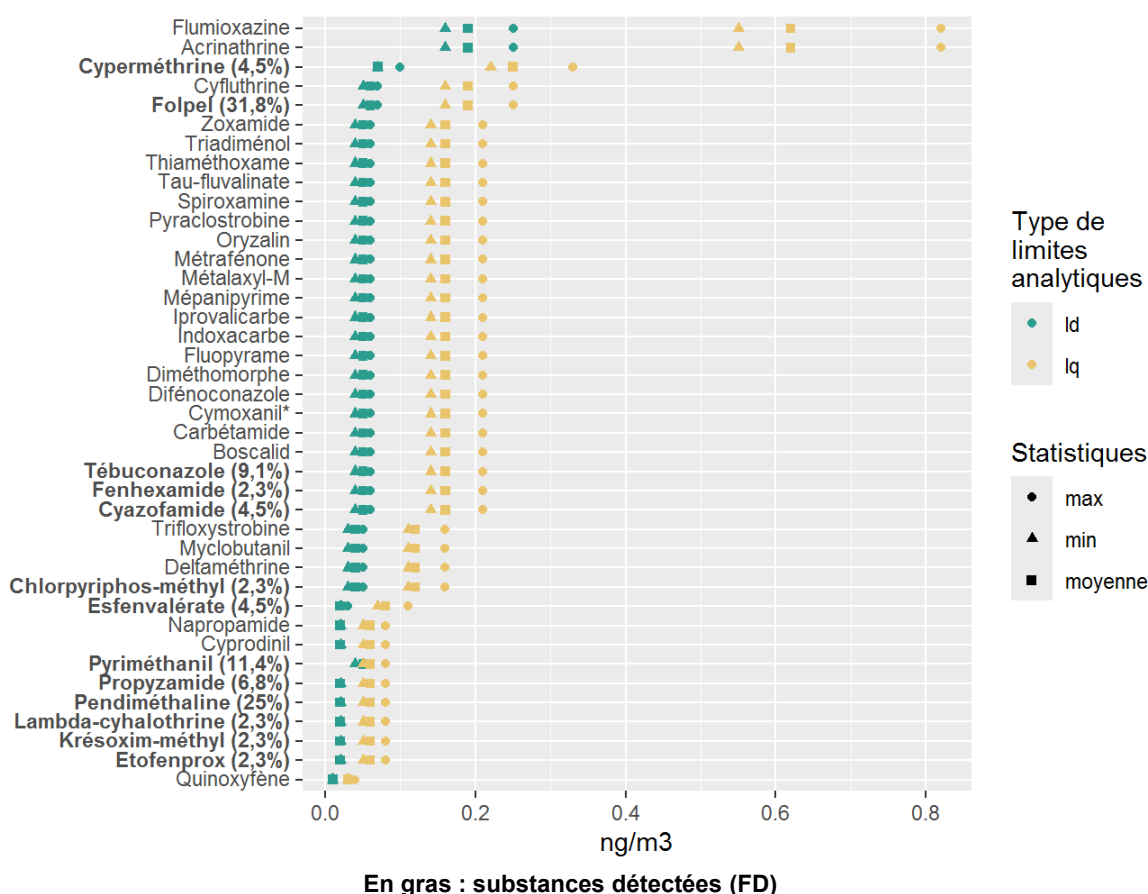


Figure 15 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m^3) des substances recherchées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

5.2.1.3 Fréquences de détection et de quantification

La Figure 16 présente les fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement.

Le Tableau 21 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification (cf. Annexe 24 pour le classement selon la fréquence de détection).

Ainsi, sur 40 substances analysées, 13 substances sont détectées dont 9 sont quantifiées dans les échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement des vignes. Le folpel et le pyriméthanil sont les 2 substances les plus quantifiées (FQ = 6,8 %).

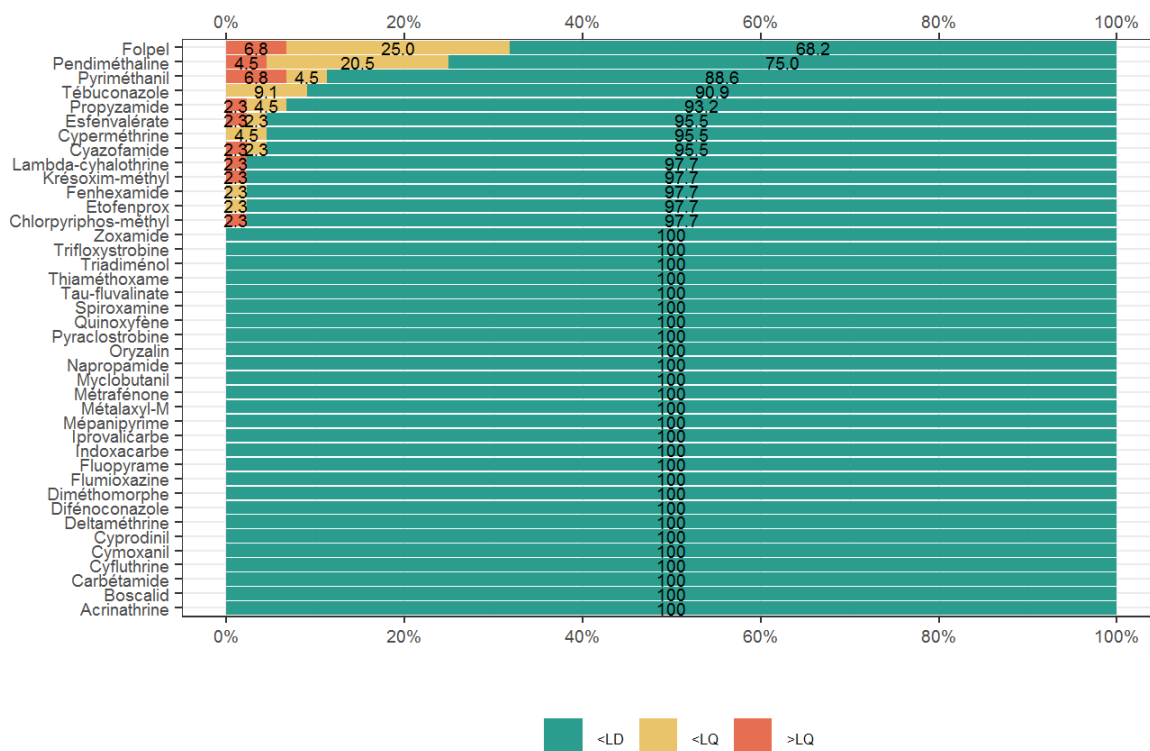


Figure 16 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur collectés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 21 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification (FQ) (%)	
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	2,3	FQ > 0 % - 9 substances
cyazofamide	120116-88-3	2,3	
esfenvalérate	66230-04-4	2,3	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	2,3	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,3	
propyzamide	23950-58-5	2,3	
pendiméthaline	40487-42-1	4,5	
folpel	133-07-3	6,8	FQ > 5 % - 2 substances
pyriméthanil	53112-28-0	6,8	

Le Tableau 22 détaille les paramètres de distribution associés au nombre de substances détectées et au nombre de substances quantifiées par foyer. Ainsi, entre 1 et 4 substances sont détectées par foyer (médiane à 1), avec 1 substance systématiquement quantifiée par foyer (médiane à 1).

Tableau 22 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Moy	Min	P5	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max
Nombre de substances détectées par foyer	1	1	1	1	1	2	3	4
Nombre de substances quantifiées par foyer	1	1	1	1	1	1	1	1

5.2.1.4 Distribution des concentrations par substance

La Figure 17 présente les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des 13 substances détectées (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine » ; cf. 2.4.1) dans les échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement.

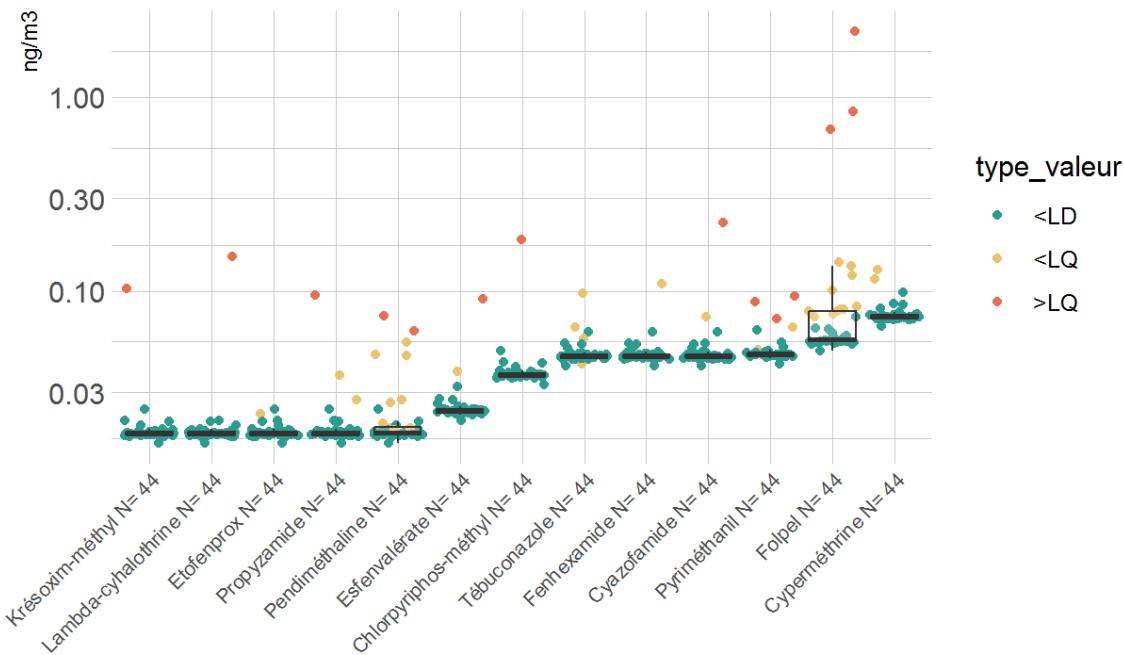


Figure 17 : Distribution des concentrations (ng/m³) des 13 substances détectées dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

Les distributions par substance sont disponibles en Annexe 25.

Le Tableau 23 présente les fréquences de détection (FD) et les 95^{ème} centiles (P95) des concentrations des 5 substances détectées dans plus de 5 % des échantillons. Le P95 varie d'un facteur 20 entre la valeur la plus élevée (folpel : 0,68 ng/m³) et la plus faible (propyzamide : 0,03 ng/m³). 1 substance présente un P95 compris entre 0,1 et 1 ng/m³ : le folpel (0,68 ng/m³).

Tableau 23 : Classement des 5 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m³) dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection (FD) (%)	P95 (ng/m ³)	
propyzamide	23950-58-5	6,8	0,03	P95 ≥ 0,01 ng/m³ - 5 substances
pendiméthaline	40487-42-1	25	0,05	
tébuconazole	107534-96-3	9,1	0,06	
pyriméthanil	53112-28-0	11,4	0,07	
folpel	133-07-3	31,8	0,68	P95 ≥ 0,5 ng/m³ - 1 substance

5.2.1.5 Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur. Pour rappel également, les indicateurs spatialisés de niveau 2 sont systématiquement égaux à 0 pour les foyers en zones non viticoles (pas de vignes dans un cercle de rayon 1 000 m autour des foyers).

13 substances sont détectées parmi lesquelles :

- **1 substance** (chlorpyrifos-méthyl) n'avait **aucun usage autorisé** pendant la campagne de mesures (date de fin d'utilisation de PPP antérieure à la date de début de la période de traitement, pas d'usages biocides ou médicaments vétérinaires autorisés). Pour cette substance (FD = 2,3 %), l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - suite à des usages antérieurs de la substance quand elle était autorisée ;
 - suite à des mésusages de la substance depuis qu'elle est interdite, potentiellement pendant la campagne de mesures.
- **12 substances avaient des usages PPP autorisés** pendant la campagne de mesures. Pour ces substances, l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - **suite à des traitements effectués à cette période ou en amont, sur la vigne à des distances supérieures à 5 km et/ou sur d'autres cultures** (seuls l'acrinathrine et l'iprovalicarbe sont spécifiques de la vigne) **à des distances supérieures à 1 km**. Pour rappel, la méthode de sélection des foyers en zones non viticoles a retenu comme critères :
 - 1/ l'absence totale de vignes et de toute autre activité agricole (hors estives, landes et prairies permanentes) dans un périmètre de 1 000 m autour du foyer ;
 - 2/ la présence limitée de vignes (moins de 1 hectare) dans un périmètre compris entre 1 000 m et 5 000 m autour du foyer.

- **et/ou suite à un usage biocide et/ou un usage médicament vétérinaire.** En effet, parmi les substances :
 - 6 (alpha-cyperméthrine, cyperméthrine, étofenprox, folpel, lambda-cyhalothrine, tébuconazole,) ont également des usages biocides autorisés ;
 - 1 (cyperméthrine) a également des usages médicaments vétérinaires autorisés.

Toutefois, cette hypothèse reste difficile à vérifier.

À noter que parmi les 27 substances non détectées, la majorité avait des usages PPP autorisés pendant la campagne de mesures.

Conclusion des mesures de pesticides dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement

Sur 40 substances analysées, 13 sont détectées dont 9 quantifiées.

2 substances (folpel, pendiméthaline) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %. Aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 20 %.

Les 95^{ème} centiles des concentrations des 5 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,03 ng/m³ et 0,68 ng/m³.

5.2.2 Distribution temporelle par substance tous foyers confondus

L'Annexe 26 présente, par substance, la distribution temporelle des concentrations des substances (en échelle logarithmique) dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement pour les 13 substances détectées. L'exemple du folpel est illustré sur la Figure 18.

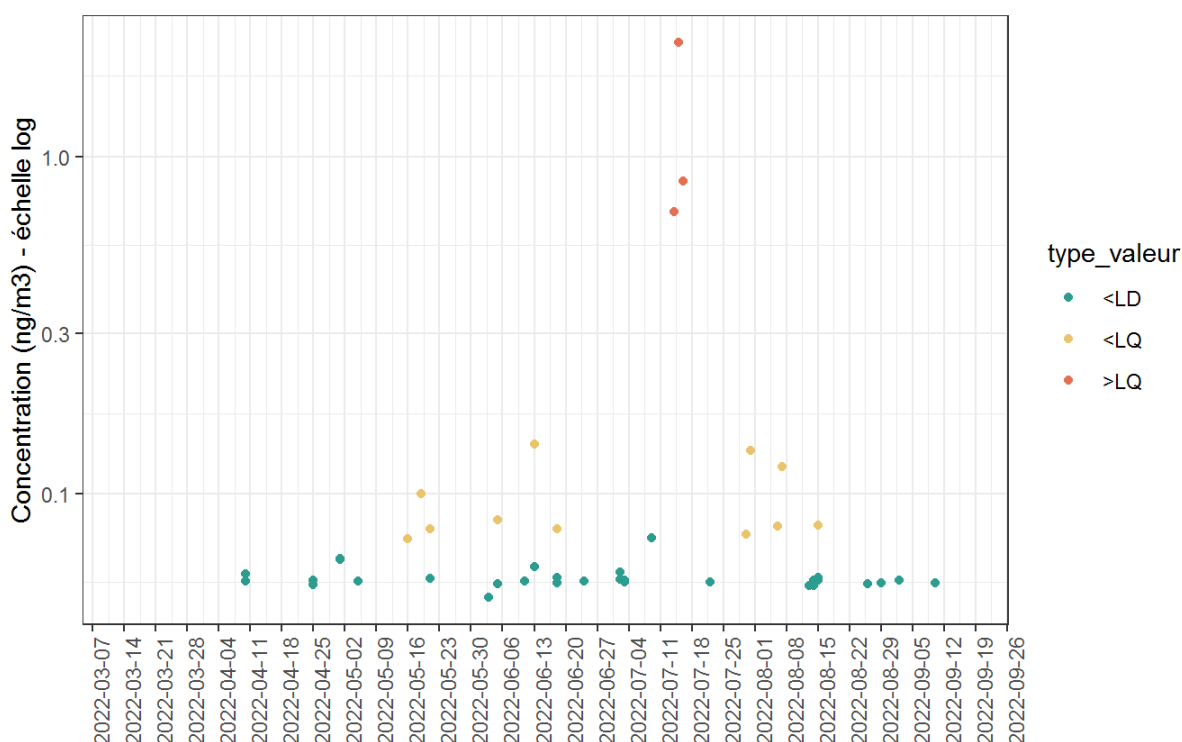


Figure 18 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m³) du folpel dans les 44 échantillons d'air intérieur en zones non viticoles en période de traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.

5.3 Contamination en zones viticoles en période hors traitement

5.3.1 Résultats par substance tous foyers confondus sur l'ensemble de la période hors traitement

5.3.1.1 Bilan synthétique

Les résultats d'analyse sont rendus pour les 40 substances pour les 79 échantillons collectés en zones viticoles en période hors traitement. Le Tableau 24 présente pour chaque substance :

- les limites de détection C_{LD} et quantification C_{LQ} (ng/m³) calculés sur la base des limites analytiques et du volume de prélèvement théorique, variables selon les substances, et comprises entre 0,009 et 0,186 ng/m³ pour les limites de détection et entre 0,03 et 0,62 ng/m³ pour les limites de quantification ;
- les fréquences de détection et de quantification : sur les 40 substances, 18 sont détectées (FD > 0 %) et 14 sont quantifiées (FQ > 0 %) dans les 79 échantillons d'air intérieur ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 24 : Limites analytiques, fréquences de détection et de quantification et concentrations (ng/m³) des 40 substances analysées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
acrinathrine	101007-06-1	0,186	0,62	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
boscalid	188425-85-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
carbétamide	16118-49-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyazofamide	120116-88-3	0,047	0,16	6,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,07
cyfluthrine	68359-37-5	0,056	0,19	1,3	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,28
cymoxanil	57966-95-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyperméthrine	52315-07-8	0,074	0,25	19	7,6	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,4	0,84
cyprodinil	121552-61-2	0,019	0,06	1,3	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07
deltaméthrine	52918-63-5	0,037	0,12	1,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,04
difénoconazole	119446-68-3	0,047	0,16	2,5	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,15
diméthomorphe	110488-70-5	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
esfenvalérate	66230-04-4	0,024	0,08	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
étofenprox	80844-07-1	0,019	0,06	3,8	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,16
fenhexamide	126833-17-8	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
flumioxazine	103361-09-7	0,186	0,62	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
fluopyrame	658066-35-4	0,047	0,16	1,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05
folpel	133-07-3	0,056	0,19	15,2	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,14	0,57
indoxacarbe	173584-44-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
iprovalicarbe	140923-17-7	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,019	0,06	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,019	0,06	2,5	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07
mépanipyrime	110235-47-7	0,047	0,16	1,3	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08
métalaxyl	70630-17-0	0,047	0,16	7,6	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,06	0,22
métrafénone	220899-03-6	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
myclobutanil	88671-89-0	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
napropamide	15299-99-7	0,019	0,06	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
oryzalin	19044-88-3	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	0,019	0,06	51,9	19	<LD	<LD	<LD	0,02	0,05	0,18	0,57
propyzamide	23950-58-5	0,019	0,06	1,3	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11
pyraclostrobine	175013-18-0	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pyriméthanil	53112-28-0	0,047	0,06	29,1	24,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05	0,13	0,21

Nom substance	N° CAS	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection (FD) (%)	Fréquence de quantification (FQ) (%)	C _{min} (ng/m ³)	P5 (ng/m ³)	P25 (ng/m ³)	P50 (ng/m ³)	P75 (ng/m ³)	P95 (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
quinoxifène	124495-18-7	0,009	0,03	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
spiroxamine	118134-30-8	0,047	0,16	1,3	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,22
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
tébuconazole	107534-96-3	0,047	0,16	16,5	6,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,16	0,81
thiaméthoxame	153719-23-4	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	0,047	0,16	1,3	1,3	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24
trifloxystrobine	141517-21-7	0,037	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
zoxamide	156052-68-5	0,047	0,16	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

(a) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de détection et du volume de prélèvement théorique

(b) Concentration théorique calculée à partir de la limite analytique de quantification et du volume de prélèvement théorique

Les paramètres de distribution des concentrations **après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine »** (cf. 2.4.1) (concentration moyenne (C_{moy}), C_{min} , P5, P25, P50, P75, P95 et C_{max}) sont disponibles en Annexe 27. **Les données obtenues après application du scénario de gestion sont utilisées dans la suite de cette partie.**

5.3.1.2 Limites analytiques

L'Annexe 28 détaille la distribution (min, max et moyenne) des limites réelles de détection et de quantification calculées à partir des LD et LQ et des volumes de prélèvement réels (ng/m^3).

La Figure 19 présente, pour chaque substance analysée, les paramètres de distribution principaux (min, max et moyenne) des concentrations associées aux limites réelles de détection et de quantification. Les substances détectées (en gras) sont majoritairement celles qui présentent les limites analytiques les plus faibles. Ces paramètres analytiques ne peuvent toutefois pas à eux seuls expliquer les résultats de contamination observés, puisque la cyperméthrine, qui est la 3^{ème} substance avec la fréquence de détection la plus élevée (FD = 19 %), est par exemple la 3^{ème} substance avec les limites les plus élevées.

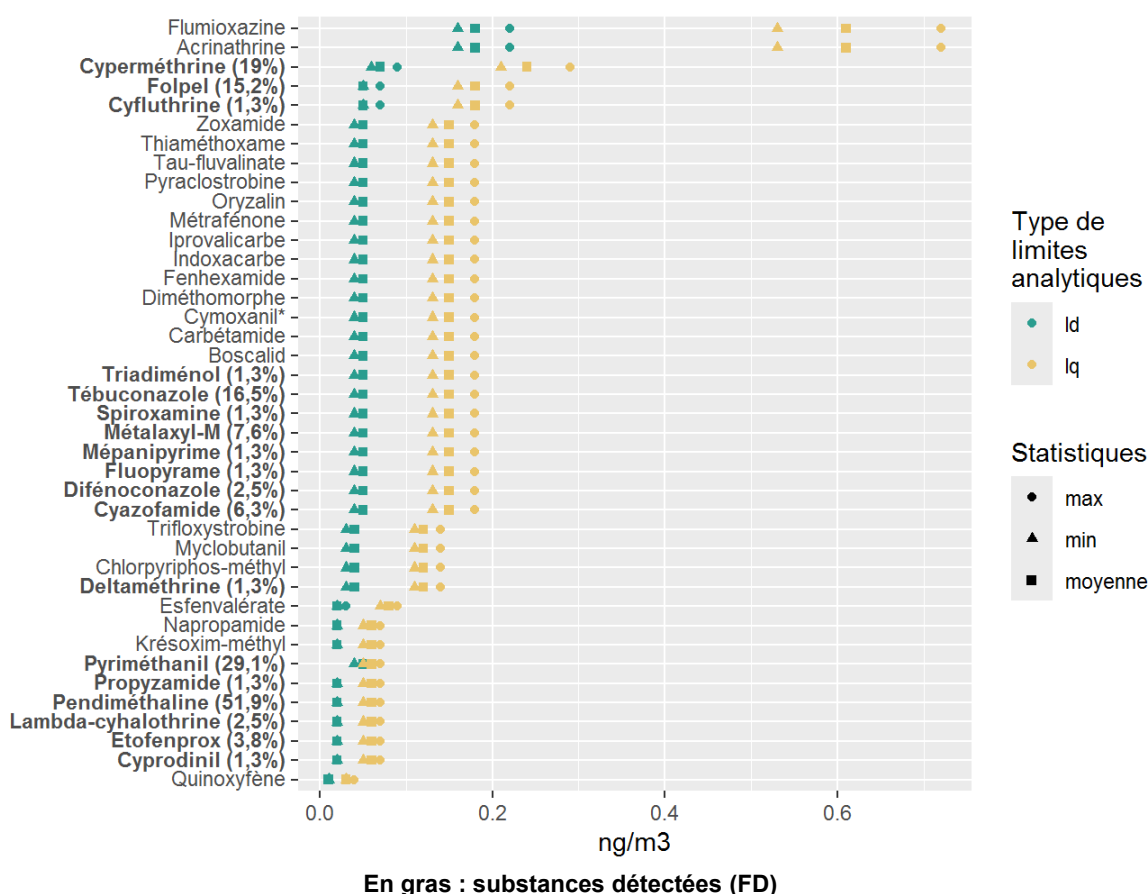


Figure 19 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m^3) des substances recherchées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

5.3.1.3 Fréquences de détection et de quantification

La Figure 20 présente les fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. Le Tableau 25 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification (cf. Annexe 29 pour le classement selon la fréquence de détection).

Ainsi, sur 40 substances analysées, 18 substances sont détectées dont 14 sont quantifiées dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement des vignes. Parmi les substances les plus quantifiées :

- 1 substance (pyriméthanil) a une FQ comprise entre 20 % et 40 % ;
- 1 substance (pendiméthaline) a une FQ comprise entre 10 % et 20 %.

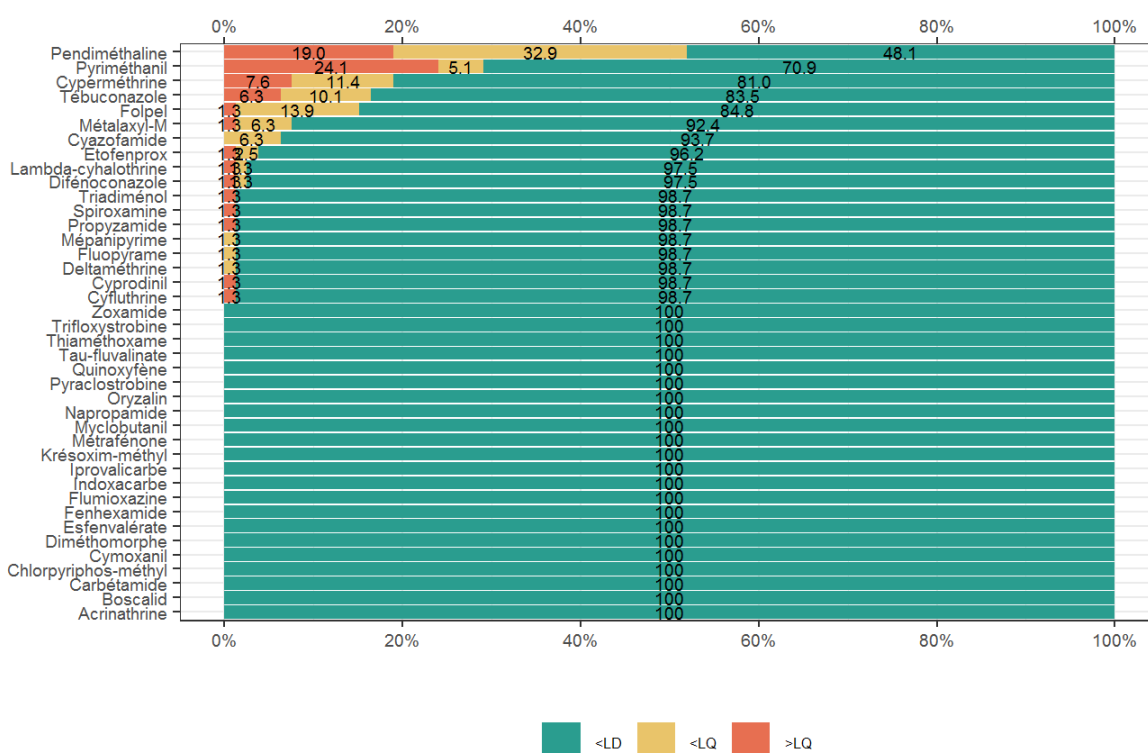


Figure 20 : Fréquences de détection et de quantification des 40 substances analysées dans les 44 échantillons d'air intérieur collectés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 25 : Classement des 14 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification parmi les 40 substances analysées dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification (FQ) (%)	
cyfluthrine	68359-37-5	1,3	FQ > 0 % - 14 substances
cyprodinil	121552-61-2	1,3	
difénoconazole	119446-68-3	1,3	
étofenprox	80844-07-1	1,3	
folpel	133-07-3	1,3	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	1,3	
métalaxyl	70630-17-0	1,3	
propyzamide	23950-58-5	1,3	
spiroxamine	118134-30-8	1,3	
triadiménol	55219-65-3	1,3	
tébuconazole	107534-96-3	6,3	FQ > 5 % - 4 substances
cyperméthrine	52315-07-8	7,6	
pendiméthaline	40487-42-1	19	FQ > 10 % - 2 substances
pyriméthanil	53112-28-0	24,1	FQ > 20 % - 1 substance

Le Tableau 26 détaille les paramètres de distribution associés au nombre de substances détectées et au nombre de substances quantifiées par foyer. Ainsi, entre 1 et 5 substances sont détectées par foyer (médiane à 2), et entre 1 et 3 substances sont quantifiées par foyer (médiane à 1).

Tableau 26 : Nombre de substances détectées et quantifiées par foyer (sur 40 substances recherchées) pour les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Moy	Min	P5	P25	P50 (médiane)	P75	P95	Max
Nombre de substances détectées par foyer	2	1	1	1	2	3	4	5
Nombre de substances quantifiées par foyer	1	1	1	1	1	2	2	3

5.3.1.4 Distribution des concentrations par substance

Les Figure 21 à Figure 24 présentent les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des substances détectées (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine » ; cf. 2.4.1) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement, les substances étant regroupées en 4 catégories selon leur concentration médiane (correspondant aux quartiles des médianes de l'ensemble des substances).

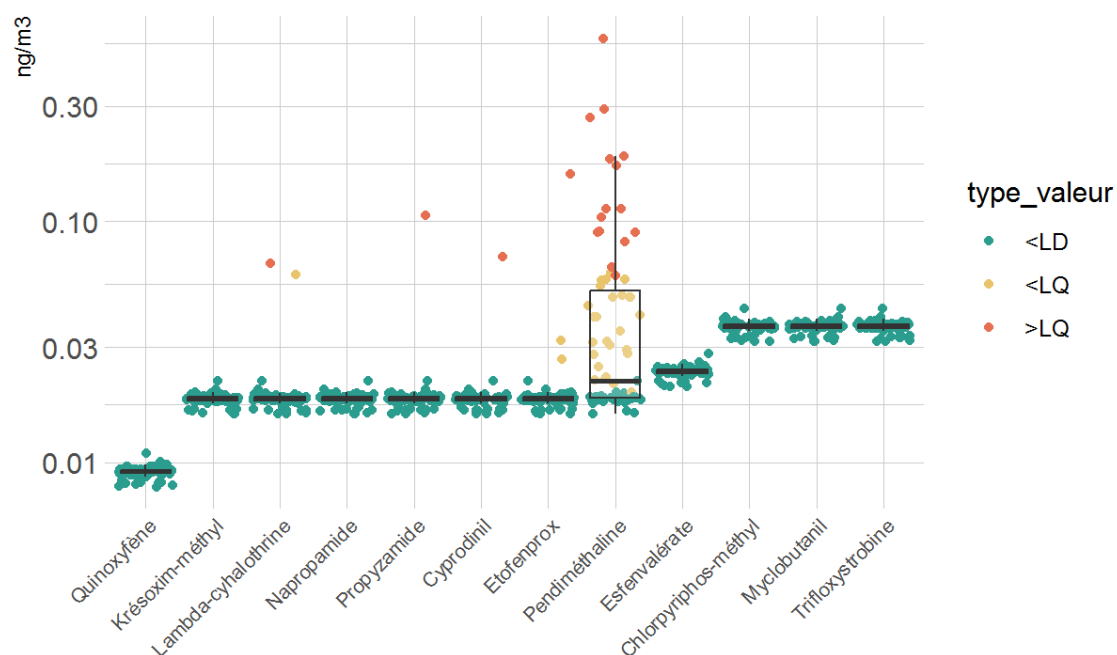


Figure 21 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 1^{er} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

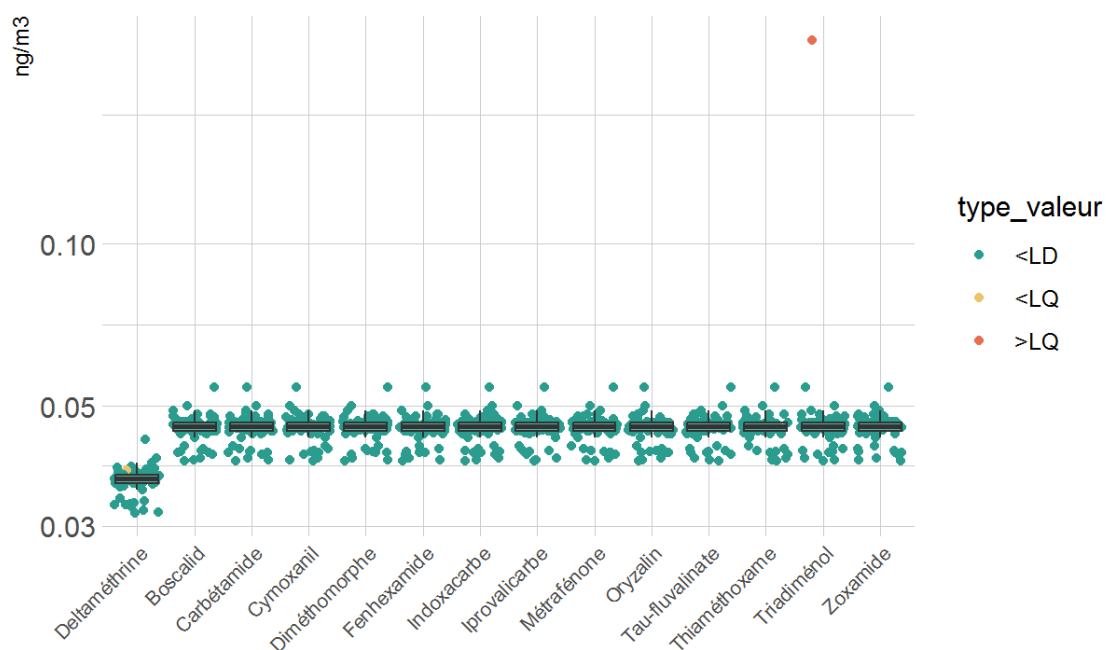


Figure 22 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 2^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

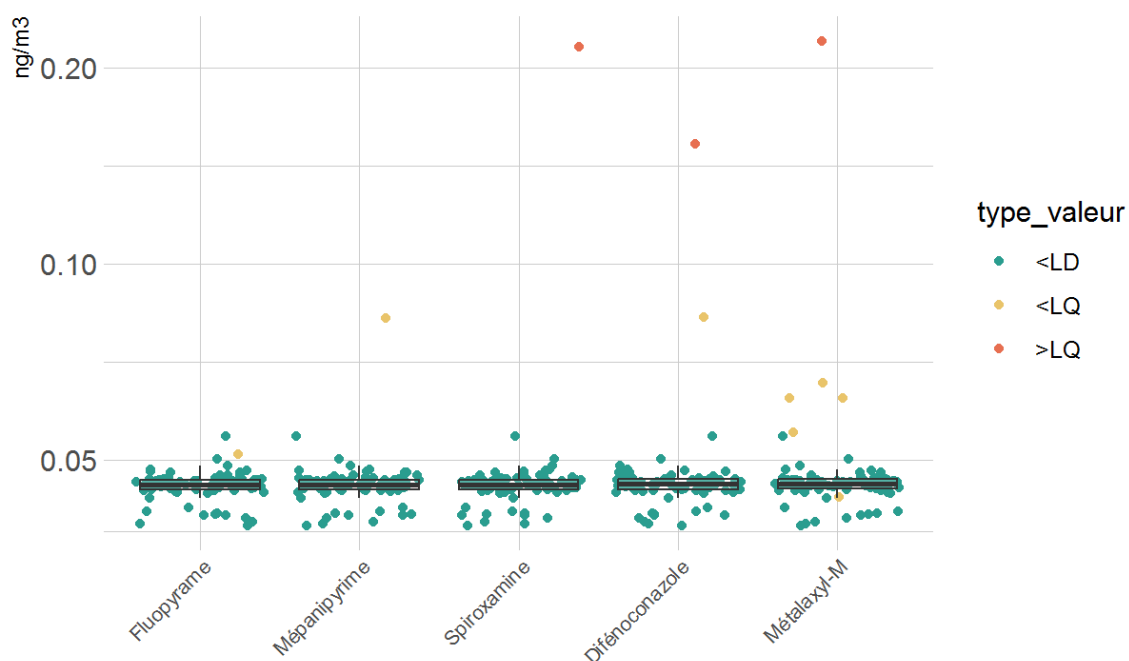


Figure 23 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 3^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

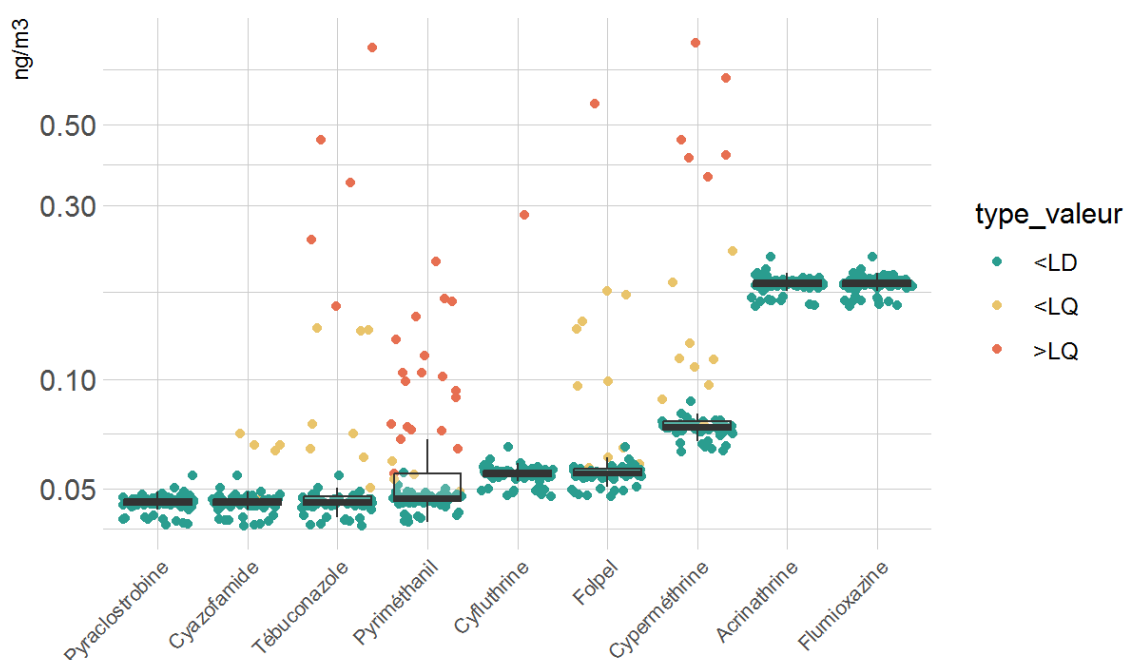


Figure 24 : Distribution des concentrations (ng/m³) des substances ayant une médiane dans le 4^{ème} quartile des médianes de l'ensemble des substances dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

Les distributions par substance sont disponibles en Annexe 30.

Le Tableau 27 présente les fréquences de détection (FD) et les 95^{ème} centiles (P95) des concentrations pour les substances détectées dans plus de 5 % des échantillons. Le P95 varie d'un facteur 8 entre la valeur la plus élevée cyperméthrine : 0,4 ng/m³) et la plus faible (cyazofamide : 0,05 ng/m³). 5 substances présentent un P95 compris entre 0,1 et 1 ng/m³ : la cyperméthrine (0,4 ng/m³), la pendiméthaline (0,18 ng/m³), le tébuconazole (0,16 ng/m³), le folpel (0,14 ng/m³) et le pyriméthanil (0,13 ng/m³).

Tableau 27 : Classement des 7 substances avec FD ≥ 5 % en fonction du P95 (ng/m³) dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection (FD) (%)	P95 (ng/m ³)	
cyazofamide	120116-88-3	6,3	0,05	P95 ≥ 0,01 ng/m³ - 7 substances
métalaxyl	70630-17-0	7,6	0,06	
pyriméthanil	53112-28-0	29,1	0,13	P95 ≥ 0,1 ng/m³ - 5 substances
folpel	133-07-3	15,2	0,14	
tébuconazole	107534-96-3	16,5	0,16	
pendiméthaline	40487-42-1	51,9	0,18	
cyperméthrine	52315-07-8	19	0,4	

5.3.1.5 Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des 40 substances analysées dans les échantillons d'air intérieur.

18 substances sont détectées parmi lesquelles :

- **1 substance** (triadiménol) n'avait **aucun usage autorisé** pendant la campagne de mesures (date de fin d'utilisation de PPP en 2019, pas d'usages biocides ou médicaments vétérinaires autorisés). Pour cette substance (FD = 1,3 %), l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - suite à des usages antérieurs de la substance quand elle était autorisée ;
 - suite à des mésusages de la substance depuis qu'elle est interdite, potentiellement pendant la campagne de mesures.
- **1 substance** (cyfluthrine associée à la substance active bêta-cyfluthrine) n'avait **pas d'usages PPP autorisés** pendant la campagne de mesures (date de fin d'utilisation de PPP en juillet 2021) mais a des **usages biocides autorisés** (TP18⁹). Pour cette substance (FD = 1,3 %), l'air intérieur pourrait être contaminées :
 - *via* un apport de l'environnement intérieur contaminé suite à des usages biocides ;
 - *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - suite à des usages antérieurs de la substance quand elle était autorisée ;
 - suite à des mésusages de la substance depuis qu'elle est interdite, potentiellement pendant la campagne de mesures.

⁹ Types de produits biocides 18 : Insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropodes.

- **16 substances avaient des usages PPP autorisés** pendant la campagne de mesures. Pour ces substances, l'air intérieur pourrait être contaminé *via* un apport des environnements extérieur (air ambiant, sols, etc.) et/ou intérieur (poussières, matériaux de constructions, boiserie, etc.) contaminés :
 - **suite à des traitements principalement herbicides qui peuvent tout de même être effectués sur la vigne à cette période.** Toutefois, cette hypothèse semble très peu probable puisque très peu d'utilisations sont estimées par les indicateurs spatialisés de niveau 2 autour des foyers localisés en zones viticoles en période hors traitement pendant la période de prélèvement d'air intérieur. En effet, seules 4 substances sont probablement utilisées pour un pourcentage de foyers variant de 25 % (propyzamide) à 5 % (trifloxystrobine) (cf. Tableau 28).

Tableau 28 : Fréquence de détection dans l'air intérieur et pourcentage de foyers avec une utilisation probable de la substance dans un cercle de rayon de 1 000 m pour les 4 substances probablement utilisées au moins une fois en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection (FD) (%)	Pourcentage de foyers avec une utilisation probable non nulle dans un cercle de rayon 1 000 m (indicateur spatialisé de niveau 2) (%)
propyzamide	23950-58-5	1,3	25,3
napropamide	15299-99-7	0	10,1
flumioxazine	103361-09-7	0	7,6
trifloxystrobine	141517-21-7	0	5,1

- **suite à des traitements qui peuvent tout de même être effectués sur d'autres cultures que la vigne à cette période à des distances supérieures à 1 000 m**, puisque seul l'iprovalicarbe et l'acrinathrine sont spécifiques de la vigne. Par exemple, la pendiméthaline et le propyzamide peuvent être utilisées sur grandes cultures à la fin de l'automne, voire au début de l'hiver. De par sa pression de vapeur saturante ($P_{\text{sat}} = 3.34 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$)¹⁰, la pendiméthaline, en plus d'être émise vers l'atmosphère par dérive¹¹, a une probable tendance à la volatilisation¹² et au transport longue distance¹³. L'utilisation de buses anti-dérives pour les produits à base de pendiméthaline est d'ailleurs obligatoire depuis fin 2020 ou 2021 pour limiter sa dérive.
- **suite à des traitements effectués sur la vigne et/ou sur d'autres cultures en amont de la période hors traitement**, notamment pendant la période de traitement 2021. Au vu des constats précédents, cette hypothèse est fort probable.
- **suite à un usage biocide et/ou un usage médicament vétérinaire.** En effet, parmi les substances :

¹⁰ PPDB : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>

¹¹ Phénomène de déportation de gouttelettes ou de particules.

¹² Passage de l'état solide/liquide à l'état gazeux.

¹³ Le transport longue distance est avéré pour cette substance, cf. par exemple Mayer *et al*, *Environ.Sci.Technol.* 2024, 58, 3342–3352.

- 7 (alpha-cyperméthrine, cyperméthrine, deltaméthrine, étofenprox, folpel, lambda-cyhalothrine, tébuconazole,) ont également des usages biocides autorisés ;
- 2 (cyperméthrine, deltaméthrine) ont également des usages médicaments vétérinaires autorisés.

Toutefois, cette hypothèse reste difficile à vérifier.

Conclusion des mesures de pesticides dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement

Sur 40 substances analysées, 18 sont détectées dont 14 quantifiées.

2 substances (pendiméthaline, pyriméthanil) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %.

1 substance (pyriméthanil) a une fréquence de quantification supérieure à 20 % mais aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 40 %.

Les 95^{ème} centile des concentrations des 7 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,05 ng/m³ et 0,18 ng/m³.

5.3.2 Distribution temporelle par substance tous foyers confondus

L'Annexe 31 présente, par substance, la distribution temporelle des concentrations des substances (en échelle logarithmique) dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement pour les 18 substances détectées. L'exemple du folpel est illustré sur la Figure 25.

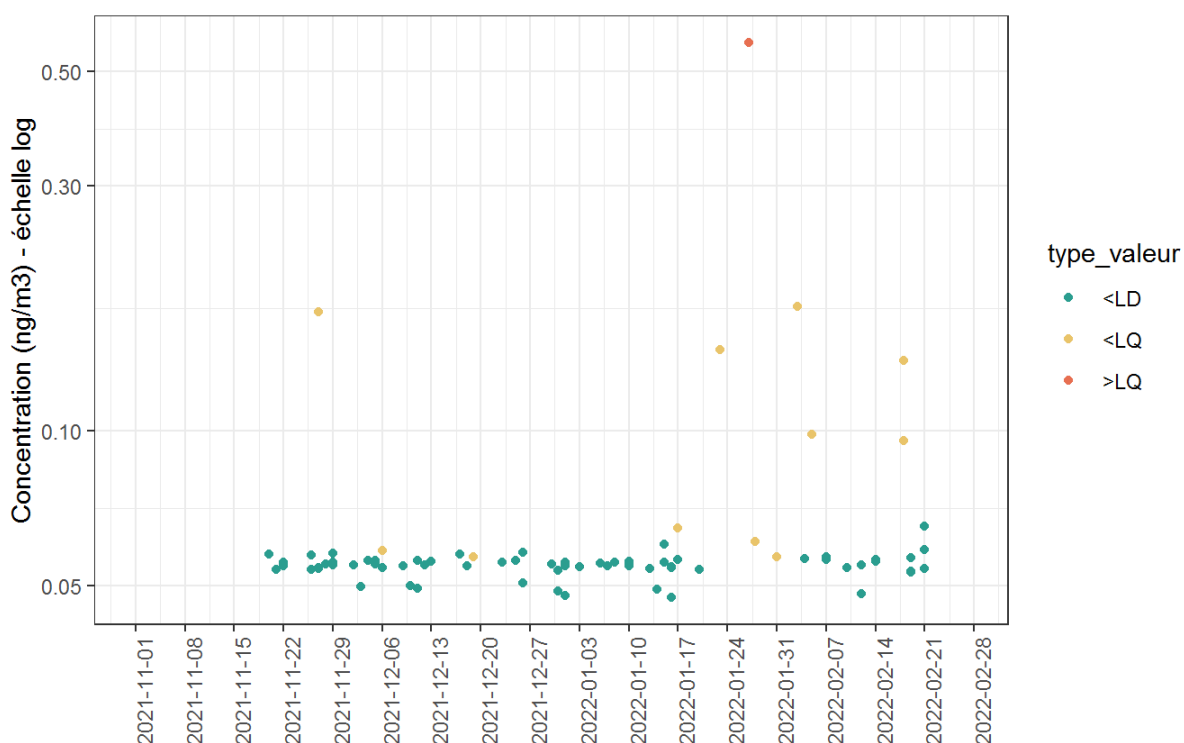


Figure 25 : Distribution temporelle des concentrations (ng/m³) du folpel dans les 79 échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période hors traitement (1 point = 1 foyer). PestiRiv, France, 2021-2022.

6 COMPARAISON DES CONTAMINATIONS DE L'AIR INTERIEUR EN PERIODE DE TRAITEMENT EN ZONES VITICOLES ET EN ZONES NON VITICOLES

L'objectif est de comparer, *via* des analyses descriptives, la contamination des échantillons d'air intérieur collectés en période de traitement chez les foyers de zones viticoles (N=188) avec celle des foyers de zones non viticoles (N=44).

6.1 Comparaison des fréquences de détection et de quantification

Les Tableau 29 et Tableau 30 comparent les fréquences de détection et de quantification des substances dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de FD et les différences de FQ entre les zones viticoles et les zones non viticoles, exprimées en points de pourcentage (p%) ;
- les ratios entre les valeurs de FD et les ratios entre les valeurs de FQ en zones viticoles et zones non viticoles.

La zone non viticole sert systématiquement de référence.

Comparaison des fréquences de détection (FD) :

- 10 substances (**cyfluthrine, mépanipyrime, triadiménol, acrinathrine, carbétamide, iprovalicarbe, napropamide, oryzalin, pyraclostrobine, thiaméthoxame**) n'ont **jamais été détectées en période de traitement quelle que soit la zone**. À noter que ces substances font partie de celles qui présentent les limites analytiques les plus élevées parmi les 40 substances analysées ;
- 17 substances (**spiroxamine, fluopyrame, trifloxystrobine, cymoxanil, zoxamide, cyprodinil, difénoconazole, métalaxyl, diméthomorphe, métrafénone, boscalid, tau-fluvalinate, deltaméthrine, flumioxazine, indoxacarbe, myclobutanil, quinoxyfène**) ont été **détectées en période de traitement uniquement en zones viticoles**, avec une fréquence de détection comprise entre 0,5 % et 25 % ;
- 9 substances ont une **fréquence de détection en période de traitement plus élevée en zones viticoles qu'en zones non viticoles**, avec des différences de FD allant jusqu'à +25 p% selon les substances, les FD en zones viticoles étant jusqu'à 4 fois plus élevées qu'en zones non viticoles :
 - o la différence de FD est comprise entre +20 p% et +25 p% pour 2 substances (par différence de FD décroissante : **folpel, pyriméthanil**) ;
 - o la différence de FD est comprise entre +5 p% et +20 p% pour 4 substances (par différence de FD décroissante : **pendiméthaline, propyzamide, cyperméthrine, chlorpyriphos-méthyl**) ;
 - o la différence de FD est < 5 p% pour 3 substances (par différence de FD décroissante : **tébuconazole, krésoxym-méthyl, lambda-cyhalothrine**).

Pour ces substances (hors pendiméthaline, propyzamide, chlorpyriphos-méthyl), ces résultats semblent cohérents avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 qui identifient des utilisations à proximité des foyers (cf. 5.1.1.5). Pour la pendiméthaline et le propyzamide, une influence des autres cultures sur des distances supérieures à 1 km ne peut être exclue. Pour le chlorpyriphos-méthyl (non autorisé en tant que PPP au moment de l'enquête), des mésusages ou un transfert via l'environnement contaminé sont des hypothèses probables ;

- 4 substances (**cyazofamide**, **esfenvalérate**, **étofenprox**, **fenhexamide**) ont une **fréquence de détection en période de traitement en zones viticoles moins élevée qu'en zones non viticoles**, avec toutefois des différences de FD faibles comprises entre -0,7 et -2,9 p%, les FD en zones viticoles étant jusqu'à 5 fois plus faibles qu'en zones non viticoles.

En termes de fréquence de quantification (FQ) :

- 17 substances (**acrinathrine**, **carbétamide**, **iprovalicarbe**, **napropamide**, **oryzalin**, **pyraclostrobine**, **thiaméthoxame**, **métrafénone**, **boscalid**, **flumioxazine**, **fenhexamide**, **indoxacarbe**, **myclobutanil**, **mépanipyrime**, **deltaméthrine**, **cyfluthrine**, **triadiménol**) n'ont **jamais été quantifiées en période de traitement quelle que soit la zone**. À noter que ces substances font partie de celles qui présentent les limites analytiques les plus élevées parmi les 40 substances analysées ;
- 1 substance (**esfenvalérate**) a été **quantifiée pendant la période de traitement uniquement en zones non viticoles** mais avec une fréquence de quantification de 2,3 % ;
- 14 substances (**cymoxanil**, **fluopyrame**, **diméthomorphe**, **trifloxystrobine**, **tau-fluvalinate**, **zoxamide**, **quinoxifène**, **spiroxamine**, **cyprodinil**, **cyperméthrine**, **tébuconazole**, **métalaxyl**, **étofenprox**) ont été **quantifiées pendant la période de traitement uniquement en zones viticoles**, avec une fréquence de quantification comprise entre 0,5 % et 14 % ;
- 6 substances ont une **fréquence de quantification en période de traitement plus élevée en zones viticoles qu'en zones non viticoles**, avec des différences de FQ allant jusqu'à +33 p% selon les substances, les FQ en zones viticoles étant jusqu'à 6 fois plus élevées qu'en zones non viticoles :
 - o la différence de FD est comprise entre +5 p% et +33 p% pour 2 substances (par différence de FD décroissante : **folpel**, **pyriméthanil**) ;
 - o la différence de FD est comprise entre +5 p% et +20 p% pour 1 substance (**pendiméthaline**) ;
 - o la différence de FD est < 5 p% pour 3 substances (par différence de FD décroissante : **propyzamide**, **lambda-cyhalothrine**, **chlorpyrifos-méthyl**).

Pour ces substances (hors propyzamide, chlorpyrifos-méthyl), ces résultats semblent cohérents avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 qui identifient des utilisations à proximité des foyers (cf. 5.1.1.5). Pour le propyzamide, une influence des autres cultures sur des distances supérieures à 1 km ne peut être exclue. Pour le chlorpyrifos-méthyl (non autorisé en tant que PPP au moment de l'enquête), des mésusages ou un transfert via l'environnement contaminé sont des hypothèses probables ;
- 2 substances (**cyazofamide**, **krésoxyml-méthyl**) ont une **fréquence de quantification en période de traitement en zones viticoles moins élevée qu'en zones non viticoles**, avec toutefois des différences de FQ faibles (-2 p%), les FQ en zones viticoles étant jusqu'à 5 fois plus faibles qu'en zones non viticoles.

Tableau 29 : Comparaison des fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement			
		Zones viticoles (N=188)	Zones non viticoles (N=44)	Comparaison selon la zone	
		FD* (%)	FD* (%)	Différence FD** (p%)	Ratio FD***
folpel	133-07-3	56,9	31,8	25,1	1,8
pyriméthanil	53112-28-0	36,7	11,4	25,3	3,2
pendiméthaline	40487-42-1	39,9	25,0	14,9	1,6
propyzamide	23950-58-5	16,5	6,8	9,7	2,4
cyperméthrine	52315-07-8	18,6	4,5	14,1	4,1
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	7,4	2,3	5,1	3,2
tébuconazole	107534-96-3	13,3	9,1	4,2	1,5
krésoxim-méthyl	143390-89-0	3,2	2,3	0,9	1,4
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	2,3	0,4	1,2
cyazofamide	120116-88-3	2,1	4,5	-2,4	0,5
esfenvalérate	66230-04-4	1,6	4,5	-2,9	0,4
étofenprox	80844-07-1	1,6	2,3	-0,7	0,7
fenhexamide	126833-17-8	0,5	2,3	-1,8	0,2
spiroxamine	118134-30-8	25,0	0	25,0	
fluopyrame	658066-35-4	19,7	0	19,7	
trifloxystrobine	141517-21-7	9,0	0	9,0	
cymoxanil	57966-95-7	8,5	0	8,5	
zoxamide	156052-68-5	6,9	0	6,9	
cyprodinil	121552-61-2	5,3	0	5,3	
difénoconazole	119446-68-3	4,8	0	4,8	
métalaxyl	70630-17-0	4,8	0	4,8	
diméthomorphe	110488-70-5	3,7	0	3,7	
métrafénone	220899-03-6	3,2	0	3,2	
boscalid	188425-85-6	1,6	0	1,6	
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,6	0	1,6	
deltaméthrine	52918-63-5	1,1	0	1,1	
flumioxazine	103361-09-7	1,1	0	1,1	
indoxacarbe	173584-44-6	0,5	0	0,5	
myclobutanil	88671-89-0	0,5	0	0,5	
quinoxifène	124495-18-7	0,5	0	0,5	
cyfluthrine	68359-37-5	0	0		
mépanipyrime	110235-47-7	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		
acrinathrine	101007-06-1	0	0		
carbétamide	16118-49-3	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
napropamide	15299-99-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
pyraclostrobine	175013-18-0	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		

* FD = fréquence de détection

**Différence FD (points de pourcentage p%) = FD (zones viticoles) - FD (zones non viticoles)

*** Ratio FD = FD (zones viticoles) / FD (zones non viticoles)

Substance	FD > 0 % quelle que soit la zone, 20 p% ≤ Différence FD
Substance	FD > 0 % quelle que soit la zone, 5 p% ≤ Différence FD < 20 p%
Substance	FD > 0 % quelle que soit la zone, 0 p% < Différence FD < 5 p%
Substance	FD > 0 % quelle que soit la zone, Différence FD < 0 p%
Substance	FD > 0 % en zones viticoles uniquement
Substance	FD = 0 % quelle que soit la zone

Tableau 30 : Comparaison des fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement			
		Zones viticoles (N=188)	Zones non viticoles (N=44)	Comparaison selon la zone	
		FQ* (%)	FQ* (%)	Différence FQ** (p%)	Ratio FQ***
folpel	133-07-3	39,9	6,8	33,1	5,9
pyriméthanil	53112-28-0	28,2	6,8	21,4	4,1
pendiméthaline	40487-42-1	11,2	4,5	6,7	2,5
propyzamide	23950-58-5	5,3	2,3	3,0	2,3
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	2,3	0,4	1,2
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	2,7	2,3	0,4	1,2
cyazofamide	120116-88-3	1,1	2,3	-1,2	0,5
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,5	2,3	-1,8	0,2
spiroxamine	118134-30-8	13,8	0	13,8	
cyprodinil	121552-61-2	2,1	0	2,1	
cyperméthrine	52315-07-8	5,3	0	5,3	
tébuconazole	107534-96-3	2,7	0	2,7	
difénoconazole	119446-68-3	1,1	0	1,1	
métalaxyl	70630-17-0	1,1	0	1,1	
étofenprox	80844-07-1	0,5	0	0,5	
cymoxanil	57966-95-7	8,5	0	8,5	
fluopyrame	658066-35-4	2,7	0	2,7	
diméthomorphe	110488-70-5	1,6	0	1,6	
trifloxystrobine	141517-21-7	1,1	0	1,1	
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,1	0	1,1	
zoxamide	156052-68-5	0,5	0	0,5	
quinoxifène	124495-18-7	0,5	0	0,5	
esfenvalérate	66230-04-4	0	2,3	-2,3	
cyfluthrine	68359-37-5	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		
deltaméthrine	52918-63-5	0	0		
métrafénone	220899-03-6	0	0		
boscalid	188425-85-6	0	0		
flumioxazine	103361-09-7	0	0		
fenhexamide	126833-17-8	0	0		
indoxacarbe	173584-44-6	0	0		
myclobutanil	88671-89-0	0	0		
mépanipyrime	110235-47-7	0	0		
acrinathrine	101007-06-1	0	0		
carbétamide	16118-49-3	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
napropamide	15299-99-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
pyraclostrobine	175013-18-0	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		

* FQ = fréquence de détection

**Différence FQ (points de pourcentage p%) = FQ (zones viticoles) - FQ (zones non viticoles)

*** Ratio FQ = FQ (zones viticoles) / FQ (zones non viticoles)

Substance	FQ > 0 % quelle que soit la zone, 20 p% ≤ Différence FQ
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la zone, 5 p% ≤ Différence FQ < 20 p%
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la zone, 0 p% < Différence FQ < 5 p%
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la zone, Différence FQ < 0 p%
Substance	FQ > 0 % en zones viticoles uniquement
Substance	FQ > 0 % en zones non viticoles uniquement
Substance	FQ = 0 % quelle que soit la zone

Les Figure 26 et Figure 27 présentent respectivement les fréquences de détection et de quantification en zones viticoles et non viticoles.

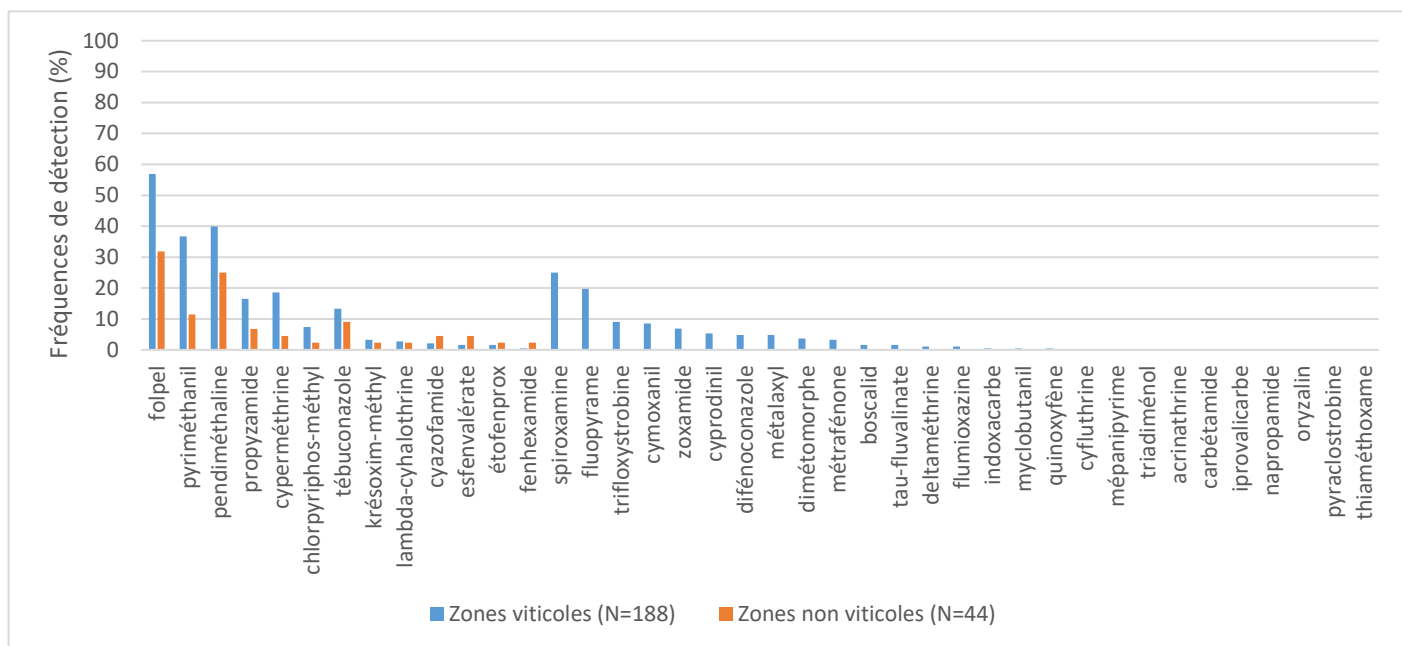


Figure 26 : Fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

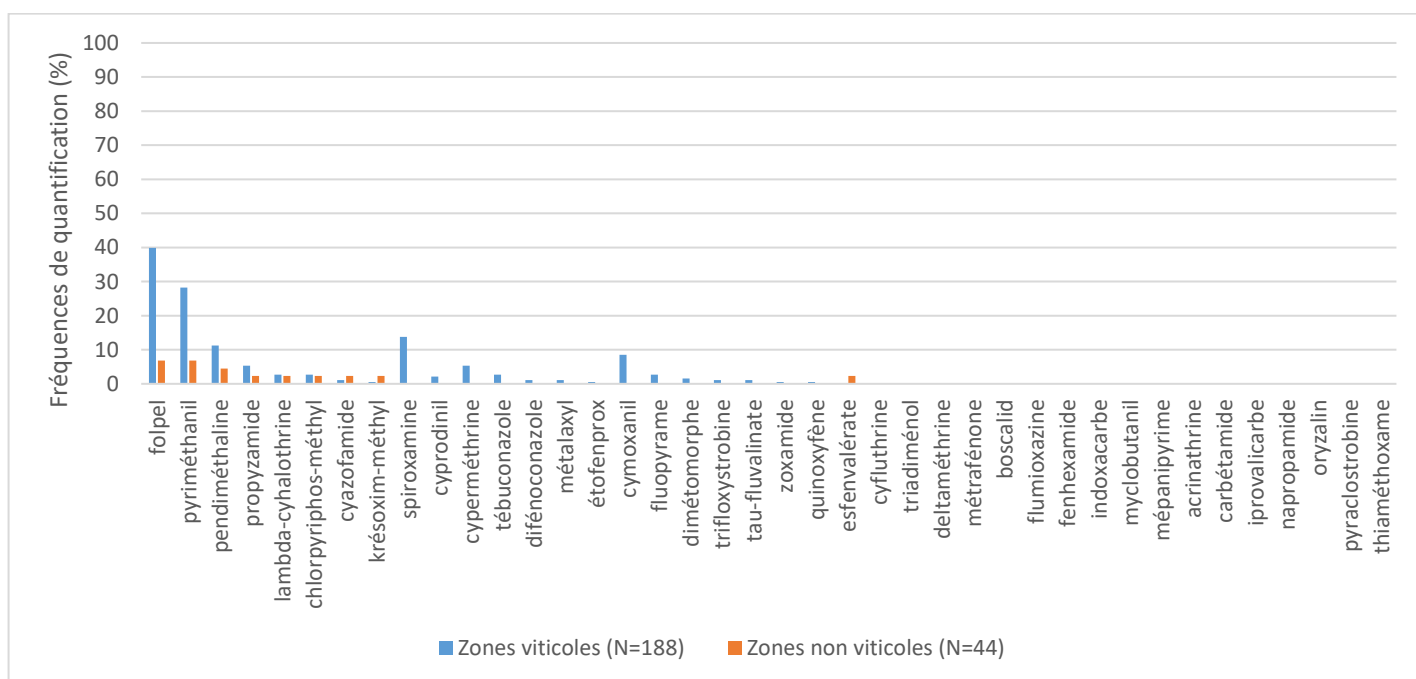


Figure 27 : Fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

En conclusion, en période de traitement, le nombre de substances détectées et quantifiées est plus élevé en zones viticoles qu'en zones non viticoles (30 substances détectées versus 13 ; 22 substances quantifiées versus 9). Lorsqu'elles sont détectées/quantifiées quelle que soit la zone, les fréquences de détection et quantification sont dans la majorité des cas plus élevées en zones viticoles.

6.2 Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max})

Les Tableau 31 et Tableau 32 comparent respectivement les 95^{ème} centiles (P95) et les concentrations maximales des substances dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de concentrations entre les zones viticoles et les zones non viticoles, exprimées en ng/m³ ;
- les ratios entre les valeurs de concentrations en zones viticoles et celles en zones non viticoles, sans dimension ;
- les pourcentages de variation des concentrations (différence entre la valeur en zones viticoles et celle en zones non viticoles rapportée sur la valeur en zones non viticoles).

La zone non viticole sert systématiquement de référence.

Comparaison des médianes des concentrations (P50)

1 substance (folpel) présente une **médiane (P50) du même ordre de grandeur en période de traitement en zones viticoles qu'en zones non viticoles** (0,09 ng/m³ versus 0,06 ng/m³).

Pour les 39 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P50 (P50 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des 95^{ème} centiles des concentrations (P95)

4 substances présentent des **P95 des concentrations plus élevés en période de traitement en zones viticoles qu'en zones non viticoles** :

- pour 1 substance ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en période de traitement à la fois en zones viticoles et en zones non viticoles (folpel), la différence de P95 est de +1,1 ng/m³, correspondant à un niveau 2,6 fois plus élevé en zones viticoles ;
- pour 3 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en période de traitement uniquement en zones viticoles (spiroxamine, cymoxanil, cyperméthrine), les différences de P95 varient au minimum de +0,17 à +0,61 ng/m³, correspondant à des niveaux au moins 3,2 à 14 fois plus élevés en zones viticoles.

9 substances (pyriméthanil, tébuconazole, pendiméthaline, propyzamide, fluopyrame, trifloxystrobine, zoxamide, chlorpyrifos-méthyl, cyprodinil) présentent des **P95 du même ordre de grandeur en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles**.

Pour les 27 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 (P95 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des concentrations maximales (C_{\max})

20 substances présentent des C_{\max} plus élevées en période de traitement en zones viticoles qu'en zones non viticoles :

- pour 9 substances détectées en période de traitement à la fois en zones viticoles et en zones non viticoles (cyperméthrine, folpel, lambda-cyhalothrine, tébuconazole, pendiméthaline, chlorpyriphos-méthyl, cyazofamide, pyriméthanil, étofenprox), les différences de C_{\max} varient de +0,15 à +6,5 ng/m³, correspondant à des niveaux 2,2 à 51 fois plus élevés en période de traitement ;
- pour 11 substances détectées en période de traitement uniquement en zones viticoles (spiroxamine, cymoxanil, fluopyrame, dimétomorphe, flumioxazine, métalaxyl, difénoconazole, tau-fluvalinate, cyprodinil, trifloxystrobine, zoxamide), les différences de P95 varient au minimum de +0,11 à +10,1 g/m³, correspondant à des niveaux au moins 2,2 à 215 fois plus élevés en zones viticoles.

10 substances (krésoxym-méthyl, propyzamide, métrafénone, myclobutanil, quinoxifène, boscalid, deltaméthrine, indoxacarbe, esfenvalérate, fenhexamide) présentent des C_{\max} du même ordre de grandeur période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles.

Pour les 10 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les C_{\max} ($C_{\max} < LD$ quelle que soit la zone).

Tableau 31 : Comparaison des 95^{ème} centiles des concentrations (P95) dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD ≥ 5 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement				
		Zones viticoles (N=188)	Zones non viticoles (N=44)	Comparaison selon la zone		
		P95* (ng/m ³)	P95* (ng/ m ³)	Différence P95** (ng/ m ³)	Ratio P95***	Variation P95**** (%)
folpel	133-07-3	1,79	0,68	1,11	2,6	163
pyriméthanil	53112-28-0	0,16	0,07	0,09	2,3	129
tébuconazole	107534-96-3	0,11	0,06	0,05	1,8	83
pendiméthaline	40487-42-1	0,08	0,05	0,03	1,6	60
propyzamide	23950-58-5	0,06	0,03	0,03	2,0	100
spiroxamine	118134-30-8	0,66	<LD (0,05)	$\geq 0,61$	$\geq 14,0$	≥ 1304
cymoxanil	57966-95-7	0,24	<LD (0,05)	$\geq 0,19$	$\geq 5,1$	≥ 411
cyperméthrine	52315-07-8	0,24	<LD (0,07)	$\geq 0,17$	$\geq 3,2$	≥ 224
fluopyrame	658066-35-4	0,12	<LD (0,05)	$\geq 0,07$	$\geq 2,6$	≥ 155
trifloxystrobine	141517-21-7	0,07	<LD (0,04)	$\geq 0,03$	$\geq 1,9$	≥ 89
zoxamide	156052-68-5	0,06	<LD (0,05)	$\geq 0,01$	$\geq 1,3$	≥ 28
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	0,06	<LD (0,04)	$\geq 0,02$	$\geq 1,6$	≥ 62
cyprodinil	121552-61-2	0,03	<LD (0,02)	$\geq 0,01$	$\geq 1,6$	≥ 58

*P95 = 95^{ème} percentile

** Différence P95 = P95 (zones viticoles) - P95 (zones non viticoles)

*** Ratio P95 = P95 (zones viticoles) / P95 (zones non viticoles)

**** Variation P95 = (Différence P95 / P95 (zones non viticoles)) * 100

Tableau 32 : Comparaison des concentrations maximales (C_{\max}) dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD > 0 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement				
		Zones viticoles (N=188)	Zones non viticoles (N=188)	Comparaison selon la zone		
		C_{\max} (ng/m ³)	C_{\max} (ng/m ³)	Différence C_{\max} (ng/m ³)	Ratio C_{\max}^{***}	Variation C_{\max}^{****} (%)
cyperméthrine	52315-07-8	6,59	0,13	6,46	50,7	4969
folpel	133-07-3	4,72	2,17	2,55	2,2	118
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,11	0,15	1,96	14,1	1307
tébuconazole	107534-96-3	1,28	0,10	1,18	12,8	1180
pendiméthaline	40487-42-1	1,20	0,07	1,13	17,1	1614
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,99	0,18	0,81	5,5	450
cyazofamide	120116-88-3	0,91	0,22	0,69	4,1	314
pyriméthanil	53112-28-0	0,33	0,09	0,24	3,7	267
étofenprox	80844-07-1	0,17	0,02	0,15	8,5	750
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,13	0,10	0,03	1,3	30
propyzamide	23950-58-5	0,11	0,09	0,02	1,2	22
spiroxamine	118134-30-8	10,12	<LD (0,05)	≥ 10,1	≥ 215	≥ 21432
cymoxanil	57966-95-7	1,16	<LD (0,05)	≥ 1,1	≥ 25	≥ 2368
fluopyrame	658066-35-4	0,59	<LD (0,05)	≥ 0,5	≥ 13	≥ 1155
dimétomorphe	110488-70-5	0,47	<LD (0,05)	≥ 0,4	≥ 10	≥ 900
flumioxazine	103361-09-7	0,40	<LD (0,19)	≥ 0,21	≥ 2,2	≥ 115
métalaxyl	70630-17-0	0,38	<LD (0,05)	≥ 0,33	≥ 8	≥ 709
difénoconazole	119446-68-3	0,32	<LD (0,05)	≥ 0,27	≥ 7	≥ 581
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,23	<LD (0,05)	≥ 0,18	≥ 5	≥ 389
cyprodinil	121552-61-2	0,22	<LD (0,02)	≥ 0,20	≥ 12	≥ 1058
trifloxystrobine	141517-21-7	0,20	<LD (0,04)	≥ 0,16	≥ 5	≥ 441
zoxamide	156052-68-5	0,16	<LD (0,05)	≥ 0,11	≥ 3	≥ 240
métrafénone	220899-03-6	0,12	<LD (0,05)	≥ 0,07	≥ 2,5	≥ 155
myclobutanil	88671-89-0	0,10	<LD (0,04)	≥ 0,06	≥ 2,7	≥ 170
quinoxifène	124495-18-7	0,09	<LD (0,01)	≥ 0,08	≥ 10	≥ 900
boscalid	188425-85-6	0,08	<LD (0,05)	≥ 0,03	≥ 1,7	≥ 70
deltaméthrine	52918-63-5	0,07	<LD (0,04)	≥ 0,03	≥ 1,9	≥ 89
indoxacarbe	173584-44-6	0,07	<LD (0,05)	≥ 0,02	≥ 1,5	≥ 49
esfenvalérate	66230-04-4	0,06	0,09	-0,03	0,7	-33
fenhexamide	126833-17-8	<LD (0,05)	0,11	≤ -0,063	≤ 0,4	≤ -134

* C_{\max} = concentration maximale

** Différence C_{\max} = C_{\max} (zones viticoles) - C_{\max} (zones non viticoles)

*** Ratio C_{\max} = C_{\max} (zones viticoles) / C_{\max} (zones non viticoles)

**** Variation C_{\max} = (Différence C_{\max} / C_{\max} (zones non viticoles)) * 100

En conclusion, en période de traitement, les P95 des concentrations dans l'air intérieur des foyers sont :

- Plus élevés en zones viticoles qu'en zones non viticoles pour 4 substances (folpel, spiroxamine, cymoxanil, cyperméthrine) ;
- Du même ordre de grandeur pour 9 substances (pyriméthanil, tébuconazole, pendiméthaline, propyzamide, fluopyrame, trifloxystrobine, zoxamide, chlorpyrifos-méthyl, cyprodinil).

Pour les 27 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 (P95 < LD quelle que soit la zone).

6.3 Comparaison graphique des distributions des concentrations

Les Figure 28 à Figure 40 comparent les distributions des concentrations des 13 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement en zones viticoles et/ou en zones non viticoles :

- **les différences de distribution sont marquées avec des concentrations plus importantes en zones viticoles** pour le folpel et la spiroxamine ;
- **les différences de distribution sont plus modérées avec un nombre de quantifications plus élevé et des concentrations légèrement plus importantes en zones viticoles** pour le pyriméthanil et la pendiméthaline ;
- **les distributions sont globalement similaires quelle que soit la zone d'étude** pour le propyzamide, le tébuconazole, le cymoxanil, la cyperméthrine, le fluopyrame, la trifloxystrobine, le zoxamide, le cyprodinil et le chlorpyrifos-méthyl, avec tout de même un nombre de détections et/ou de quantifications plus élevé en zones viticoles qu'en zones non viticoles.

L'Annexe 32 compare les distributions des concentrations des autres substances.

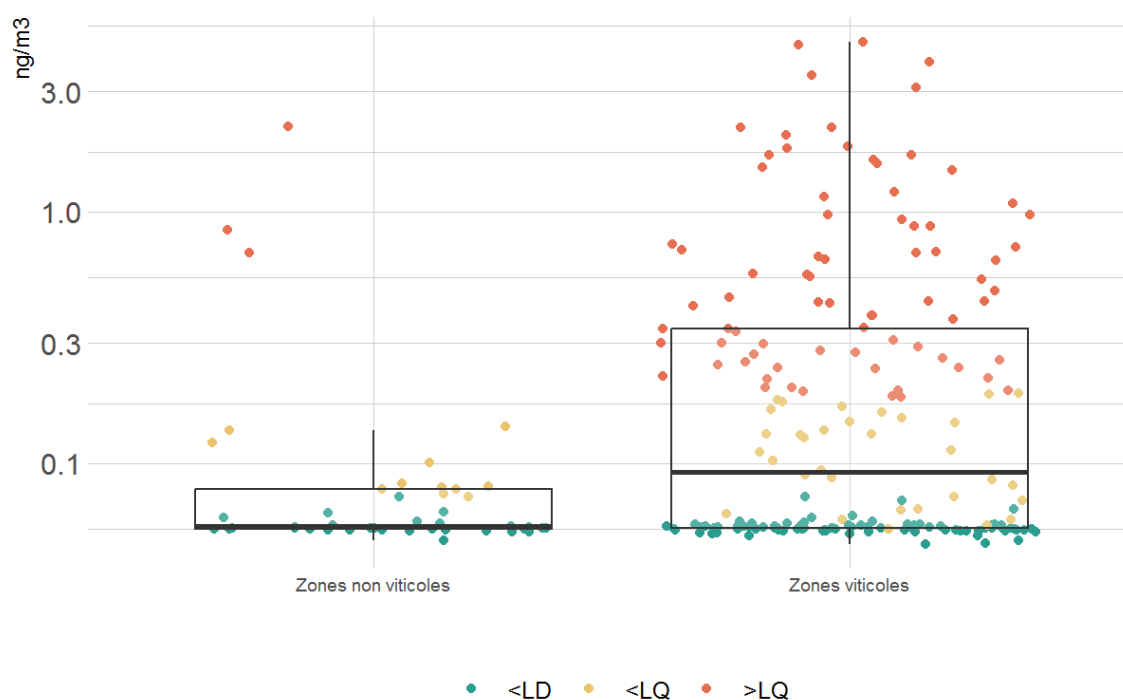


Figure 28 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en folpel dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

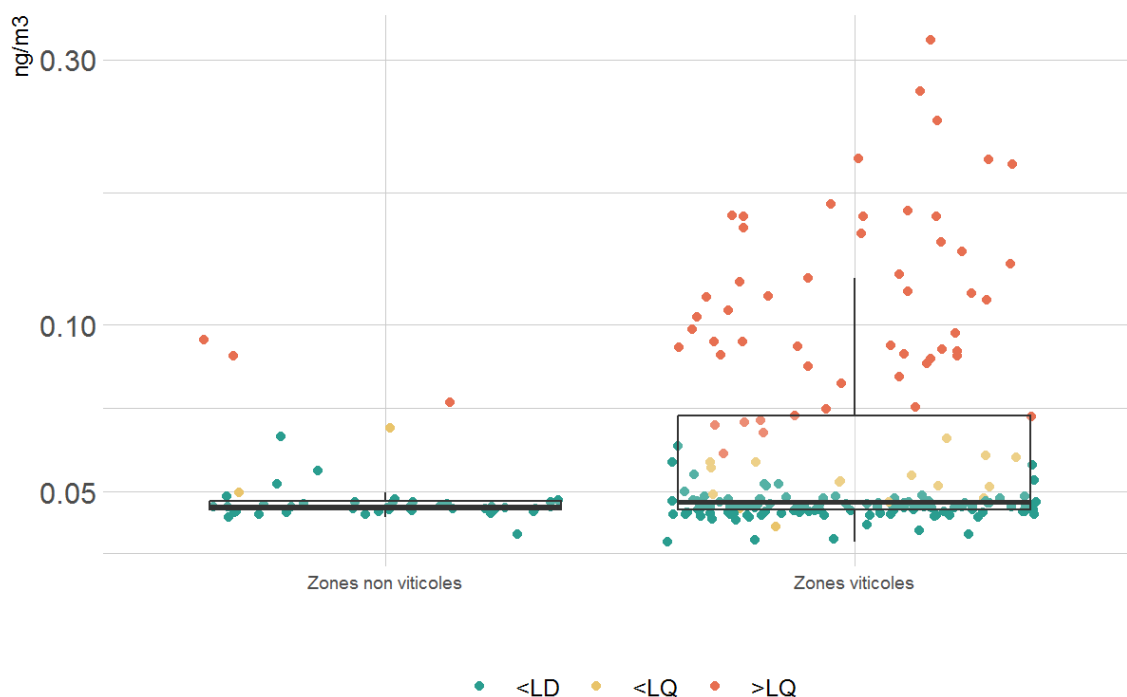


Figure 29 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en pyriméthanil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

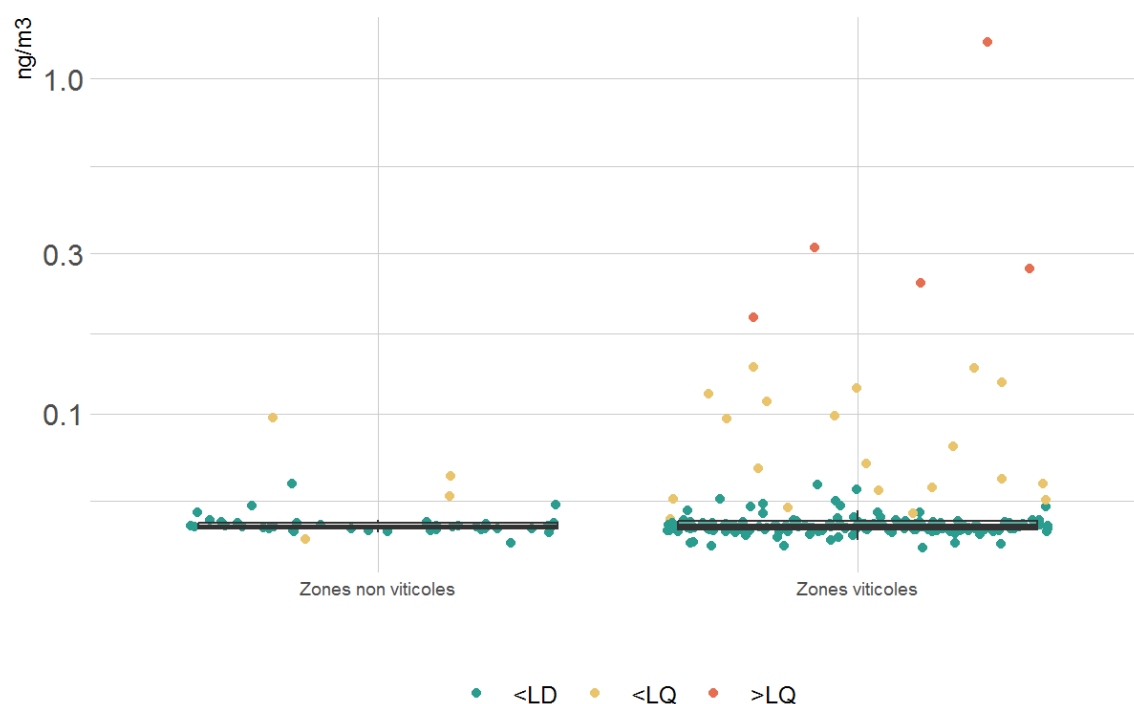


Figure 30 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en tébuconazole dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

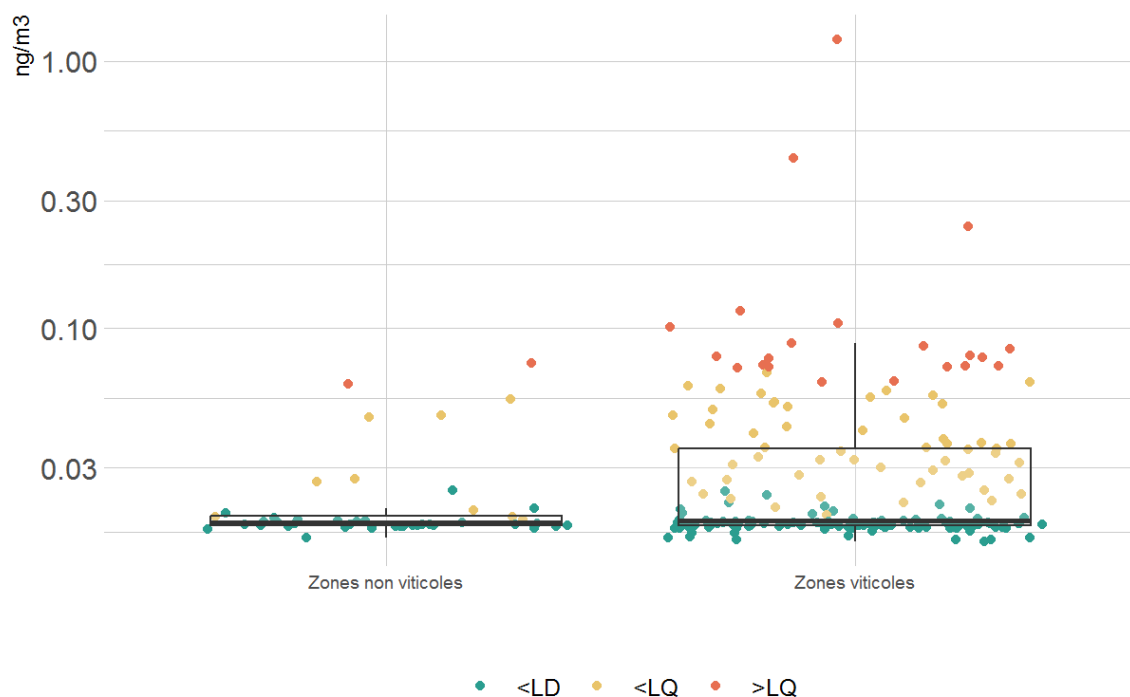


Figure 31 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en pendiméthaline dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

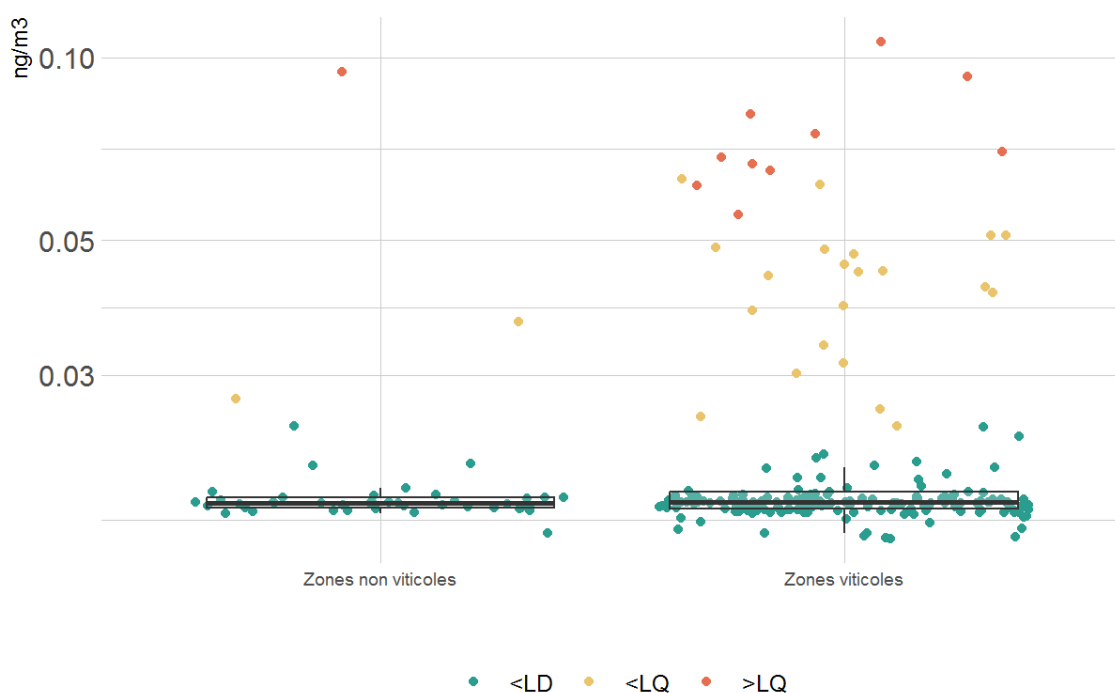


Figure 32 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en propyzamide dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

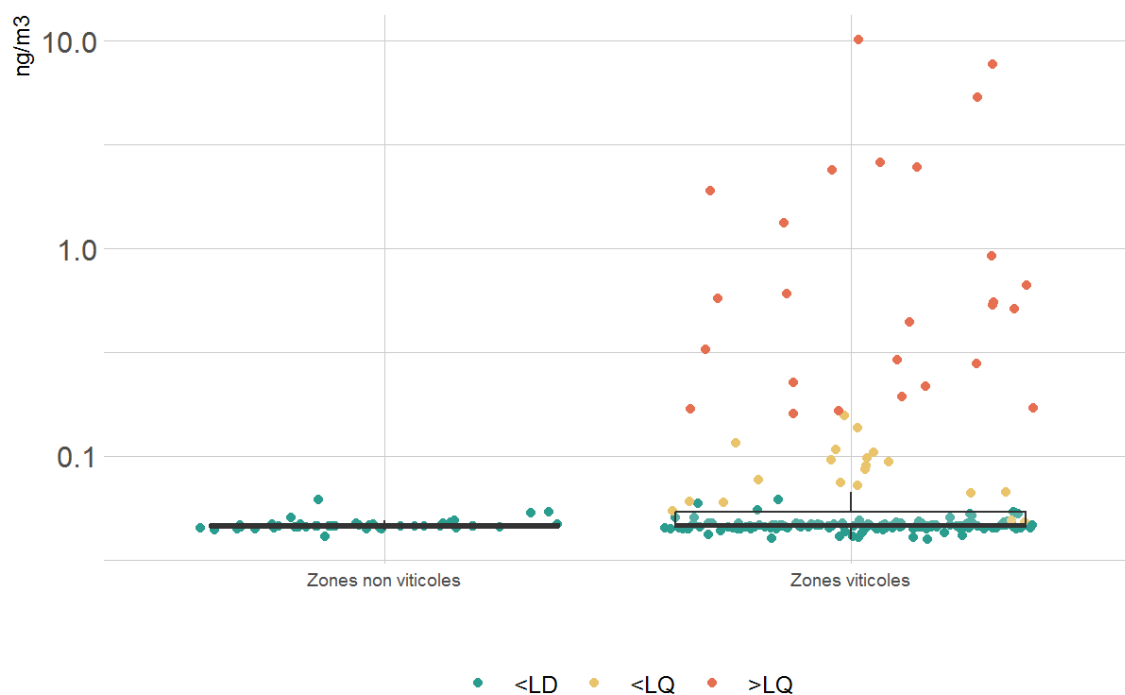


Figure 33 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en spiroxamine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

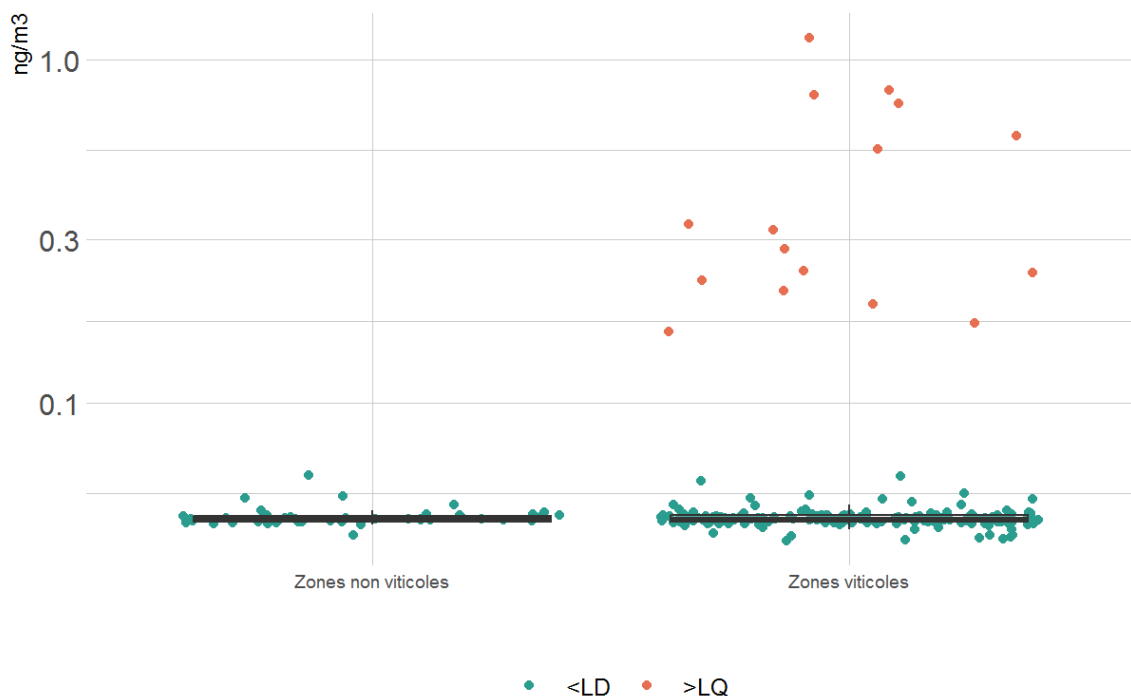


Figure 34 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cymoxanil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

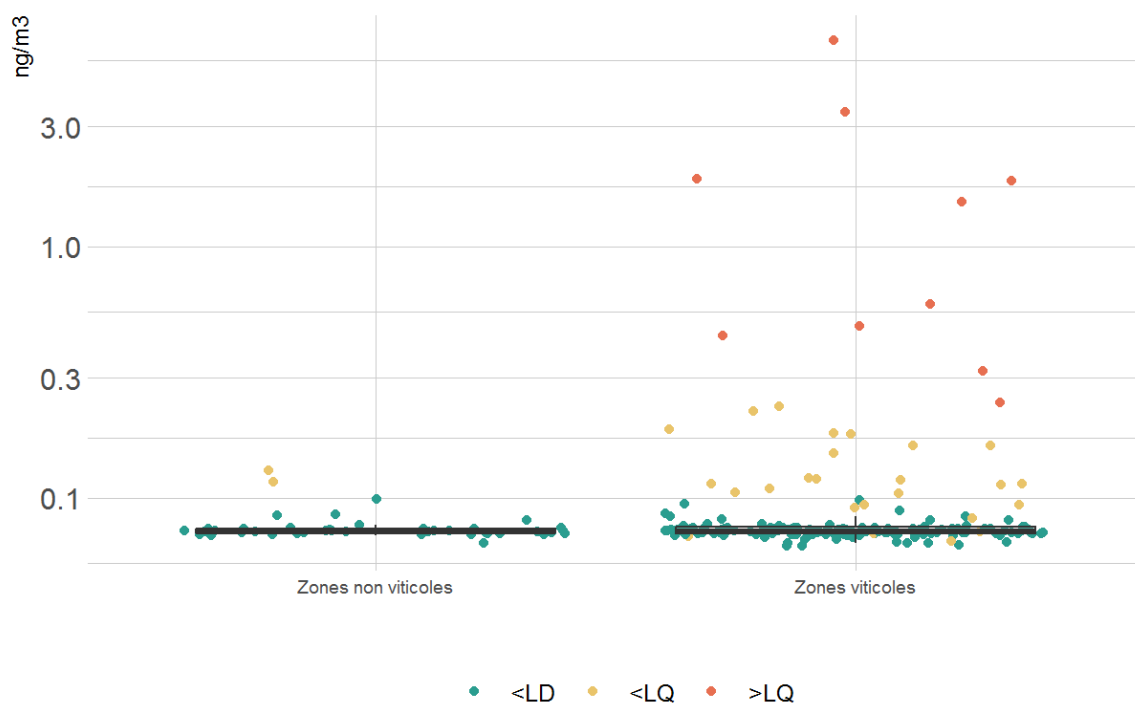


Figure 35 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cyperméthrine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

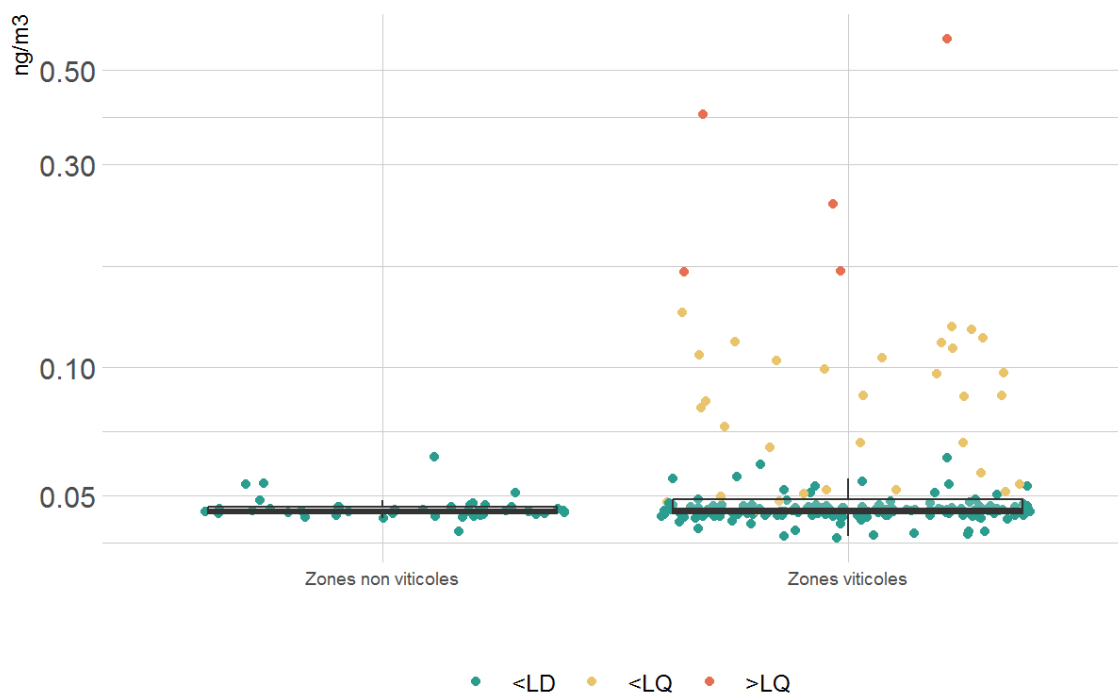


Figure 36 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en fluopyrame dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

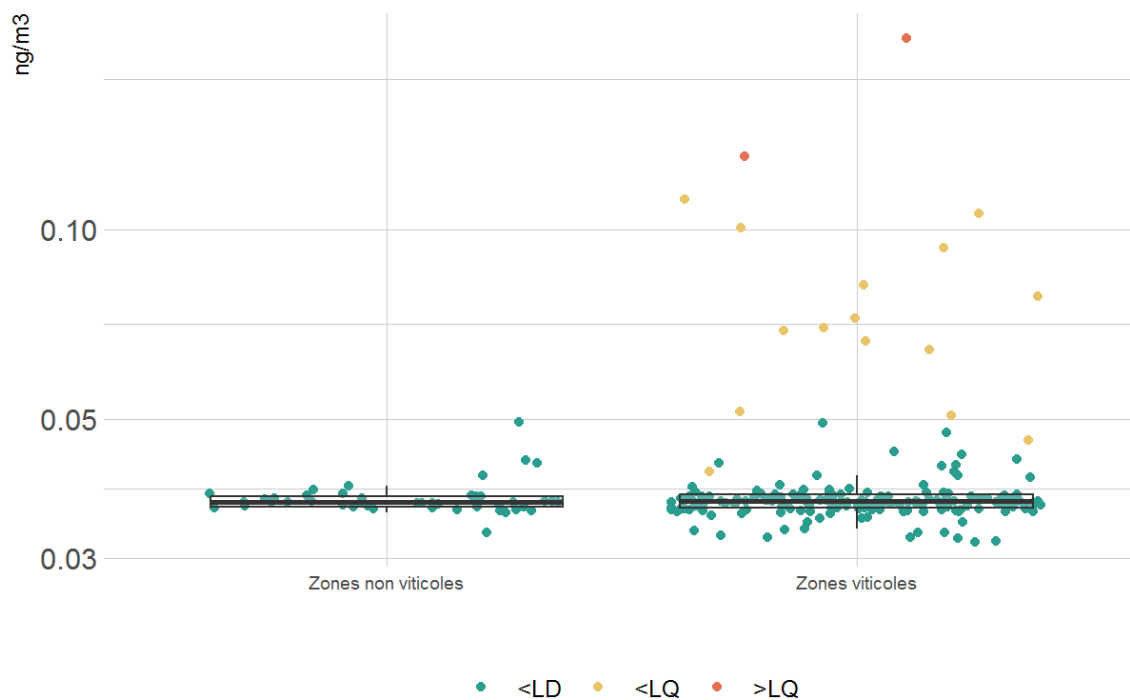


Figure 37 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en trifloxystrobine dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

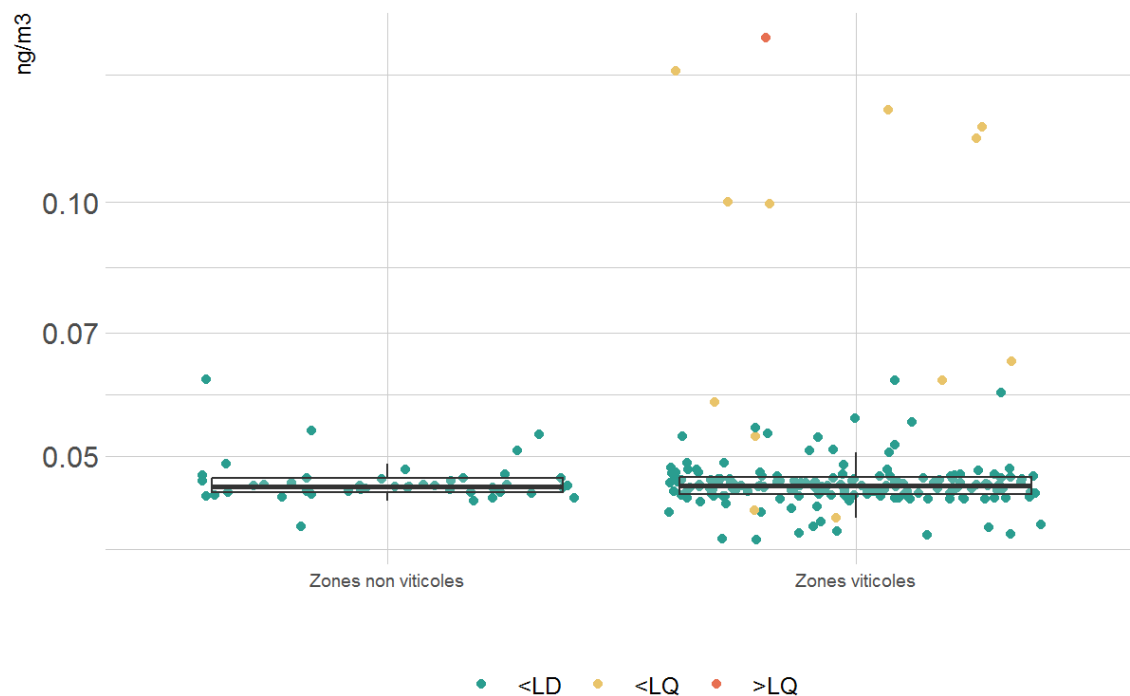


Figure 38 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en zoxamide dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

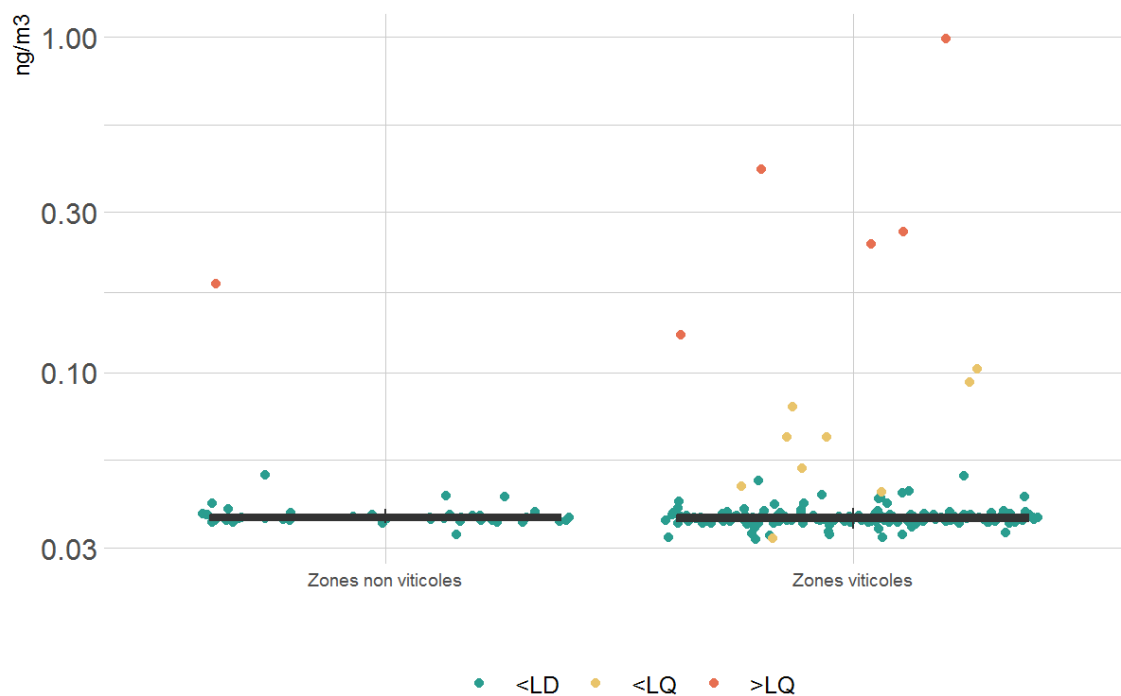


Figure 39 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en chlorpyrifos-méthyl dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

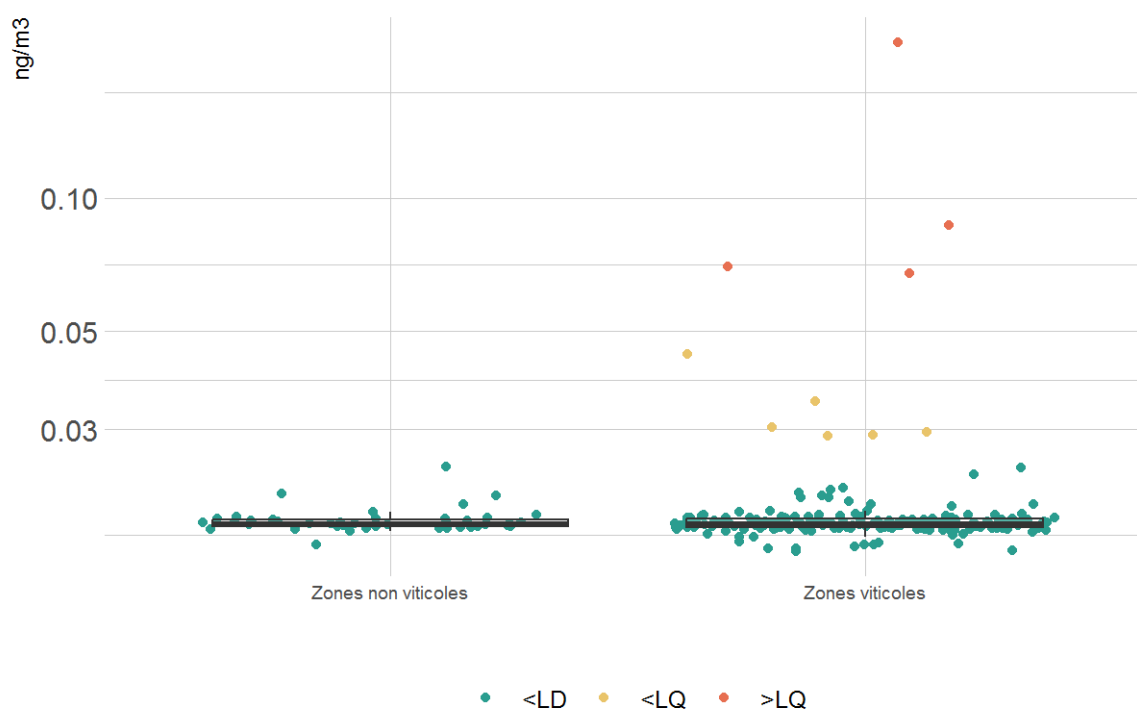


Figure 40 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cyprodinil dans les échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

6.4 Caractérisation de l'effet de la zone viticole

L'effet de la zone viticole sur les niveaux de contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement a été caractérisé à partir des analyses descriptives en tenant compte des 4 paramètres suivants :

- ratio P95 (sans dimension) = P95 (zones viticoles) / P95 (zones non viticoles) ;
- différence FQ (exprimée en points de pourcentages (p%)) = FQ (zones viticoles) - FQ (zones non viticoles) ;
- FQ (zones non viticoles) ;
- cohérence des indicateurs spatialisés de niveau 2 et du profil de contamination en zones viticoles.

Ces paramètres sont complémentaires et permettent de tenir compte à la fois de la quantification des substances (*via* notamment la différence de FQ) et des niveaux de contamination (*via* le ratio P95). La caractérisation s'appuie en partie sur les concentrations les plus élevées, tout en excluant les valeurs extrêmes.

Les critères retenus pour caractériser la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sont détaillés dans le Tableau 33. Les seuils proposés permettent de discriminer les substances et de définir plusieurs grandes catégories.

L'analyse est réalisée uniquement pour les 23 substances quantifiées au moins une fois en zones viticoles ou en zones non viticoles. Le Tableau 34 synthétise tous les résultats.

Tableau 33 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Plausibilité de l'effet	Très probable	|Différence FQ| ≥ 10 p% ET Pertinence des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour expliquer la contamination en zones viticoles
	Probable	|Différence FQ| ≥ 10 p% OU Différence FQ < 10 p% ET FQ (zones non viticoles) = 0 %
	Non démontré	/
Force de l'effet	Fort	Ratio P95 ≥ 10 OU Ratio P95 ≤ 0,1
		5 ≤ Ratio P95 < 10 OU 0,1 < Ratio P95 ≤ 0,2
	Faible	0,2 < Ratio P95 < 5
	Très faible	Ratio P95 non estimable

Légende :

Ratio P95 = P95 (zones viticoles) / P95 (zones non viticoles)

Différence FQ (p%) = FQ (zones viticoles) - FQ (zones non viticoles) en points de pourcentages

En conclusion, d'après les analyses descriptives des 23 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement quelle que soit la zone, **la zone viticole** :

✓ **Présente des fréquences de quantification plus élevées pour 16 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (10 substances), avec un effet de la zone viticole :**

- **Probable** et :
 - **fort** pour 1 substance : spiroxamine ;
 - **modéré** pour 1 substance : cymoxanil ;
 - **faible** pour 8 substances : folpel, pyriméthanil, cyperméthrine, fluopyrame, tébuconazole, cyprodinil, trifloxystrobine, zoxamide ;
 - **très faible** pour 6 substances : diméthomorphe, difénoconazole, métalaxyl, tau-fluvalinate, étofenprox, quinoxyfène.

✓ **N'a pas d'effet démontré pour 7 substances**, en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus.

Tableau 34 : Plausibilité et force de l'effet de la zone viticole sur la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Effet de la zone viticole en période de traitement des vignes
spiroxamine	118134-30-8	Probable / Fort
cymoxanil	57966-95-7	Probable / Modéré
folpel	133-07-3	Probable / Faible
pyriméthanil	53112-28-0	Probable / Faible
cyperméthrine	52315-07-8	Probable / Faible
fluopyrame	658066-35-4	Probable / Faible
tébuconazole	107534-96-3	Probable / Faible
cyprodinil	121552-61-2	Probable / Faible
trifloxystrobine	141517-21-7	Probable / Faible
zoxamide	156052-68-5	Probable / Faible
diméthomorphe	110488-70-5	Probable / Très faible
métalaxyl	70630-17-0	Probable / Très faible
difénoconazole	119446-68-3	Probable / Très faible
tau-fluvalinate	102851-06-9	Probable / Très faible
étofenprox	80844-07-1	Probable / Très faible
quinoxyfène	124495-18-7	Probable / Très faible
pendiméthaline	40487-42-1	Non démontré
propyzamide	23950-58-5	Non démontré
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	Non démontré
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Non démontré
cyazofamide	120116-88-3	Non démontré
krésoxim-méthyl	143390-89-0	Non démontré
esfenvalérate	66230-04-4	Non démontré

7 IDENTIFICATION DES FACTEURS ASSOCIES AUX NIVEAUX DE CONTAMINATION DE L'AIR INTERIEUR EN ZONES VITICOLES EN PERIODE DE TRAITEMENT

Pour rappel, l'objectif est d'identifier les principaux facteurs contribuant aux niveaux de contamination de l'air intérieur en zones viticoles en période de traitement (N=188) en lien avec la présence de ces cultures en période de traitement (dont la distance aux vignes). Toutefois, ce travail est difficile à réaliser en l'absence de modélisations statistiques qui n'ont pas pu être menées du fait de taux de censure trop élevés et de données de contamination longitudinales (répétées dans le temps).

Les résultats de contamination suggèrent que les indicateurs spatialisés de niveau 2 pourraient expliquer partiellement et ponctuellement certaines contaminations observées dans l'air intérieur (cf. Tableau 19). Pour rappel, la comparaison graphique entre les indicateurs spatialisés de niveau 2 et les concentrations des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement est disponible en Annexe 20.

D'autre part, la comparaison graphique entre les indicateurs spatialisés de niveaux 2 et 3 (cf. Annexe 14) semble indiquer que le profil des deux indicateurs est globalement similaire, avec une atténuation de la quantité de substance active entre le niveau 2 et le niveau 3. Une piste à explorer ultérieurement concerne les cas particuliers de substances pour lesquelles les profils des deux indicateurs seraient différents.

Enfin, les autres indicateurs spatialisés (distance et densité de vignes (indicateurs spatialisés de niveau 1) – cf. 4.2), les comportements et habitudes des foyers (cf. 4.1), ainsi que les autres indicateurs contextuels (part de surface de vignes conduites en agriculture biologique, part d'exploitations conduites en agriculture biologique, densité des autres cultures consommatrices de PPP – cf. Tome 0) n'ont pas pu être étudiés.

8 COMPARAISON DES NIVEAUX DE CONTAMINATION DE L'AIR INTERIEUR EN ZONES VITICOLES EN PERIODE DE TRAITEMENT ET EN PERIODE HORS TRAITEMENT

L'objectif est de comparer, *via* des analyses descriptives, la contamination des échantillons d'air intérieur chez les foyers de zones viticoles en période de traitement (N=188) et en période hors traitement (N=79).

8.1 Comparaison des fréquences de détection et de quantification

Les Tableau 35 et Tableau 36 comparent les fréquences de détection et de quantification des substances dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de FD et différences de FQ entre la période de traitement et la période hors traitement, exprimées en points de pourcentage ;
- les ratios entre les valeurs de FD et ratios entre valeurs de FQ période de traitement et en période hors traitement, sans dimension.

La période hors traitement sert systématiquement de référence.

En termes de fréquence de détection (FD) :

- 7 substances (**acrinathrine, carbétamide, iprovalicarbe, napropamide, oryzalin, pyraclostrobine, thiaméthoxame**) n'ont **jamais été détectées en zones viticoles quelle que soit la période**. À noter que ces substances font partie de celles qui présentent les limites analytiques les plus élevées parmi les 40 substances analysées ;
- 3 substances (**cyfluthrine, mépanipyrime, triadiménol**) ont été **détectées en zones viticoles uniquement pendant la période hors traitement** mais avec une fréquence de détection de 1,3 % ;
- 15 substances (**trifloxystrobine, cymoxanil, chlorpyrifos-méthyl, zoxamide, diméthomorphe, krésoxym-méthyl, métrafénone, boscalid, esfenvalérate, tau-fluvalinate, flumioxazine, fenhexamide, indoxacarbe, myclobutanil, quinoxyfène**) ont été **détectées en zones viticoles uniquement pendant la période de traitement**, avec une fréquence de détection comprise entre 0,5 % et 9 % ;
- 8 substances ont une **fréquence de détection en zones viticoles en période de traitement plus élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FD allant jusqu'à +42 p% selon les substances, les FD en période de traitement étant jusqu'à 19 fois plus élevées qu'en période hors traitement :
 - o la différence de FD est comprise entre +20 p% et +42 p% pour 2 substances (par différence de FD décroissante : **folpel, spiroxamine**) ;
 - o la différence de FD est comprise entre +5 p% et +20 p% pour 3 substances (par différence de FD décroissante : **fluopyrame, propyzamide, pyriméthanil**) ;
 - o La différence de FD est < 5 p% pour 3 substances (par différence de FD décroissante : **cyprodinil, difénoconazole, lambda-cyhalothrine**).

Pour ces substances (hors propyzamide), cela semble cohérent avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 qui sont, sauf exception, positifs en période de traitement (cf. 5.1.1.5) et nuls en période hors traitement (cf. 5.3.1.5). Pour le

propyzamide, ce résultat est surprenant car il s'agit d'un herbicide exclusivement utilisé en période hors traitement ;

- 7 substances (**deltaméthrine, cyperméthrine, étofenprox, métalaxyl, tébuconazole, cyazofamide, pendiméthaline**) ont une **fréquence de détection en zones viticoles en période de traitement moins élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FD faibles (-0,2 p%) à modérées (-12 p%), les FD en période de traitement étant jusqu'à 3 fois plus faibles qu'en période hors traitement. Ces résultats ne s'expliquent pas par les indicateurs spatialisés de niveaux 2 dans un cercle de rayon 1 000 m, qui sont positifs en période de traitement et nuls en période hors traitement.
 - o les détections observées pour la pendiméthaline pourraient s'expliquer par de la contamination associée à une utilisation sur grandes cultures, principalement en période hors traitement ;
 - o les différences de FD entre les deux périodes pour les autres substances sont minimales puisqu'inférieures à 5 p%. Les usages biocides autorisés pour la cyperméthrine, la deltaméthrine, l'étofenprox et le tébuconazole pourraient toutefois en partie expliquer ces résultats.

En termes de fréquence de quantification (FQ) :

- 16 substances (**acrinathrine, carbétamide, iprovalicarbe, napropamide, oryzalin, pyraclostrobine, thiaméthoxame, métrifénol, boscalid, esfenvalérate, flumioxazine, fenhexamide, indoxacarbe, myclobutanil, mépanipyrime, deltaméthrine**) n'ont **jamais été quantifiées en zones viticoles quelle que soit la période**. À noter que ces substances font partie de celles qui présentent les limites analytiques les plus élevées parmi les 40 substances analysées ;
- 2 substances (**cyfluthrine, triadiménol**) ont été **quantifiées en zones viticoles uniquement pendant la période hors traitement** mais avec une fréquence de quantification de 1,3 % ;
- 10 substances (**cymoxanil, fluopyrame, chlorpyrifos-méthyl, diméthomorphe, cyazofamide, trifloxystrobine, tau-fluvalinate, zoxamide, krésoxim-méthyl, quinoxyfène**) ont été **quantifiées en zones viticoles uniquement pendant la période de traitement**, avec une fréquence de quantification comprise entre 0,5 % et 8,5 % ;
- 6 substances ont une **fréquence de quantification en zones viticoles en période de traitement plus élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FQ allant jusqu'à +39 p% selon les substances, les FQ en période de traitement étant jusqu'à 31 fois plus élevées qu'en période hors traitement :
 - o la différence de FQ est de +39 p% pour 1 substance (**folpel**) ;
 - o la différence de FQ est comprise entre +5 p% et +20 p% pour 1 substance (**spiroxamine**) ;
 - o la différence de FQ est < 5 p% pour 4 substances (par différence de FD décroissante : **pyriméthanil, propyzamide, lambda-cyhalothrine, cyprodinil**).

Pour ces substances (hors propyzamide), cela semble cohérent avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 qui sont, sauf exception, positifs en période de traitement (cf. 5.1.1.5) et nuls en période hors traitement (cf. 5.3.1.5). Pour le propyzamide, ce résultat est inattendu car il s'agit théoriquement d'un herbicide exclusivement utilisé en période hors traitement ;

- 6 substances (**difénoconazole, métalaxyl, étofenprox, cyperméthrine, tébuconazole, pendiméthaline**) ont une **fréquence de quantification en zones viticoles en période de traitement moins élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FQ faibles (-0,2 p%) à modérées (-8 p%), les FQ en période de traitement étant jusqu'à 3 fois plus faibles qu'en période hors traitement. Ces

résultats ne s'expliquent pas par les indicateurs spatialisés de niveaux 2, qui sont positifs en période de traitement et nuls en période hors traitement.

- les quantifications observées la pendiméthaline pourraient s'expliquer par de la contamination associée à une utilisation sur grandes cultures, principalement en période hors traitement ;
- les différences de FQ entre les deux périodes pour les autres substances sont minimales puisqu'inférieure à 4 p%. Les usages biocides autorisés pour la cyperméthrine, l'étofenprox et le tébuconazole pourraient toutefois en partie expliquer ces résultats.

En conclusion, en zones viticoles, le nombre de substances détectées et quantifiées est plus élevé en période de traitement qu'en période hors traitement (30 substances détectées versus 18 ; 22 substances quantifiées versus 14). Lorsqu'elles sont détectées/quantifiées quelle que soit la période, les fréquences de détection et quantification sont dans la majorité des cas plus élevées en période de traitement.

Tableau 35 : Comparaison des fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles			
		Période de traitement (N=188)	Période hors traitement (N=79)	Comparaison selon la période	
		FD* (%)	FD* (%)	Différence FD** (p%)	Ratio FD***
folpel	133-07-3	56,9	15,2	41,7	3,7
spiroxamine	118134-30-8	25,0	1,3	23,7	19,2
fluopyrame	658066-35-4	19,7	1,3	18,4	15,2
propyzamide	23950-58-5	16,5	1,3	15,2	12,7
pyriméthanil	53112-28-0	36,7	29,1	7,6	1,3
cyprodinil	121552-61-2	5,3	1,3	4,0	4,1
difénoconazole	119446-68-3	4,8	2,5	2,3	1,9
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	2,5	0,2	1,1
deltaméthrine	40487-42-1	1,1	1,3	-0,2	0,8
cyperméthrine	52315-07-8	18,6	19,0	-0,4	1,0
étofenprox	107534-96-3	1,6	3,8	-2,2	0,4
métalaxyl	70630-17-0	4,8	7,6	-2,8	0,6
tébuconazole	80844-07-1	13,3	16,5	-3,2	0,8
cyazofamide	120116-88-3	2,1	6,3	-4,2	0,3
pendiméthaline	52918-63-5	39,9	51,9	-12,0	0,8
trifloxystrobine	141517-21-7	9,0	0	9,0	
cymoxanil	57966-95-7	8,5	0	8,5	
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	7,4	0	7,4	
zoxamide	156052-68-5	6,9	0	6,9	
diméthomorphe	110488-70-5	3,7	0	3,7	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	3,2	0	3,2	
métrafénone	220899-03-6	3,2	0	3,2	
boscalid	188425-85-6	1,6	0	1,6	
esfenvalérate	66230-04-4	1,6	0	1,6	
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,6	0	1,6	
flumioxazine	103361-09-7	1,1	0	1,1	
fenhexamide	126833-17-8	0,5	0	0,5	
indoxacarbe	173584-44-6	0,5	0	0,5	
myclobutanil	88671-89-0	0,5	0	0,5	
quinoxyfène	124495-18-7	0,5	0	0,5	
cyfluthrine	68359-37-5	0	1,3	-1,3	
mépanipyrime	110235-47-7	0	1,3	-1,3	
triadiménol	55219-65-3	0	1,3	-1,3	
acrinathrine	101007-06-1	0	0		
carbétamide	16118-49-3	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
napropamide	15299-99-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
pyraclostrobine	175013-18-0	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		

* FD = fréquence de détection

**Différence FD (points de pourcentage p%) = FD (période de traitement) - FD (période hors traitement)

*** Ratio FD = FD (période de traitement) / FD (période hors traitement)

Substance	FD > 0 % quelle que soit la période, 20 p% ≤ Différence FD
Substance	FD > 0 % quelle que soit la période, 5 p% ≤ Différence FD < 20 p%
Substance	FD > 0 % quelle que soit la période, 0 p% < Différence FD < 5 p%
Substance	FD > 0 % quelle que soit la période, Différence FD < 0 p%
Substance	FD > 0 % en période hors traitement uniquement
Substance	FD > 0 % en période de traitement uniquement
Substance	FD = 0 % quelle que soit la période

Tableau 36 : Comparaison des fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période: période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles			
		Période de traitement (N=188)	Période hors traitement (N=79)	Comparaison selon la période	
		FQ* (%)	FQ* (%)	Différence FQ** (p%)	Ratio FQ***
folpel	133-07-3	39,9	1,3	38,6	30,7
spiroxamine	118134-30-8	13,8	1,3	12,5	10,6
pyriméthanil	53112-28-0	28,2	24,1	4,1	1,2
propyzamide	23950-58-5	5,3	1,3	4,0	4,1
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,7	1,3	1,4	2,1
cyprodinil	121552-61-2	2,1	1,3	0,8	1,6
pendiméthaline	40487-42-1	11,2	19,0	-7,8	0,6
cyperméthrine	52315-07-8	5,3	7,6	-2,3	0,7
tébuconazole	107534-96-3	2,7	6,3	-3,6	0,4
difénoconazole	119446-68-3	1,1	1,3	-0,2	0,8
métalaxyl	70630-17-0	1,1	1,3	-0,2	0,8
étofenprox	80844-07-1	0,5	1,3	-0,8	0,4
cymoxanil	57966-95-7	8,5	0	8,5	-
fluopyrame	658066-35-4	2,7	0	2,7	-
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	2,7	0	2,7	-
diméthomorphe	110488-70-5	1,6	0	1,6	-
cyazofamide	120116-88-3	1,1	0	1,1	-
trifloxystrobine	141517-21-7	1,1	0	1,1	-
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,1	0	1,1	-
zoxamide	156052-68-5	0,5	0	0,5	-
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,5	0	0,5	-
quinoxifène	124495-18-7	0,5	0	0,5	-
cyfluthrine	68359-37-5	0	1,3	-1,3	-
triadiménol	55219-65-3	0	1,3	-1,3	-
deltaméthrine	52918-63-5	0	0		-
métrafénone	220899-03-6	0	0		-
boscalid	188425-85-6	0	0		-
esfenvalérate	66230-04-4	0	0		-
flumioxazine	103361-09-7	0	0		-
fenhexamide	126833-17-8	0	0		-
indoxacarbe	173584-44-6	0	0		-
myclobutanil	88671-89-0	0	0		-
mépanipyrime	110235-47-7	0	0		-
acrinathrine	101007-06-1	0	0		-
carbétamide	16118-49-3	0	0		-
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		-
napropamide	15299-99-7	0	0		-
oryzalin	19044-88-3	0	0		-
pyraclostrobine	175013-18-0	0	0		-
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		-

* FQ = fréquence de quantification

**Différence FQ (points de pourcentage p%) = FQ (période de traitement) - FQ (période hors traitement)

*** Ratio FQ = FQ (période de traitement) / FQ (période hors traitement)

Substance	FQ > 0 % quelle que soit la période, 20 p% ≤ Différence FQ
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la période, 5 p% ≤ Différence FQ < 20 p%
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la période, 0 p% < Différence FQ < 5 p%
Substance	FQ > 0 % quelle que soit la période, Différence FQ < 0 p%
Substance	FQ > 0 % en période hors traitement uniquement
Substance	FQ > 0 % en période de traitement uniquement
Substance	FQ = 0 % quelle que soit la période

Les Figure 41 et Figure 42 présentent respectivement les fréquences de détection et de quantification en zones viticoles selon la période.

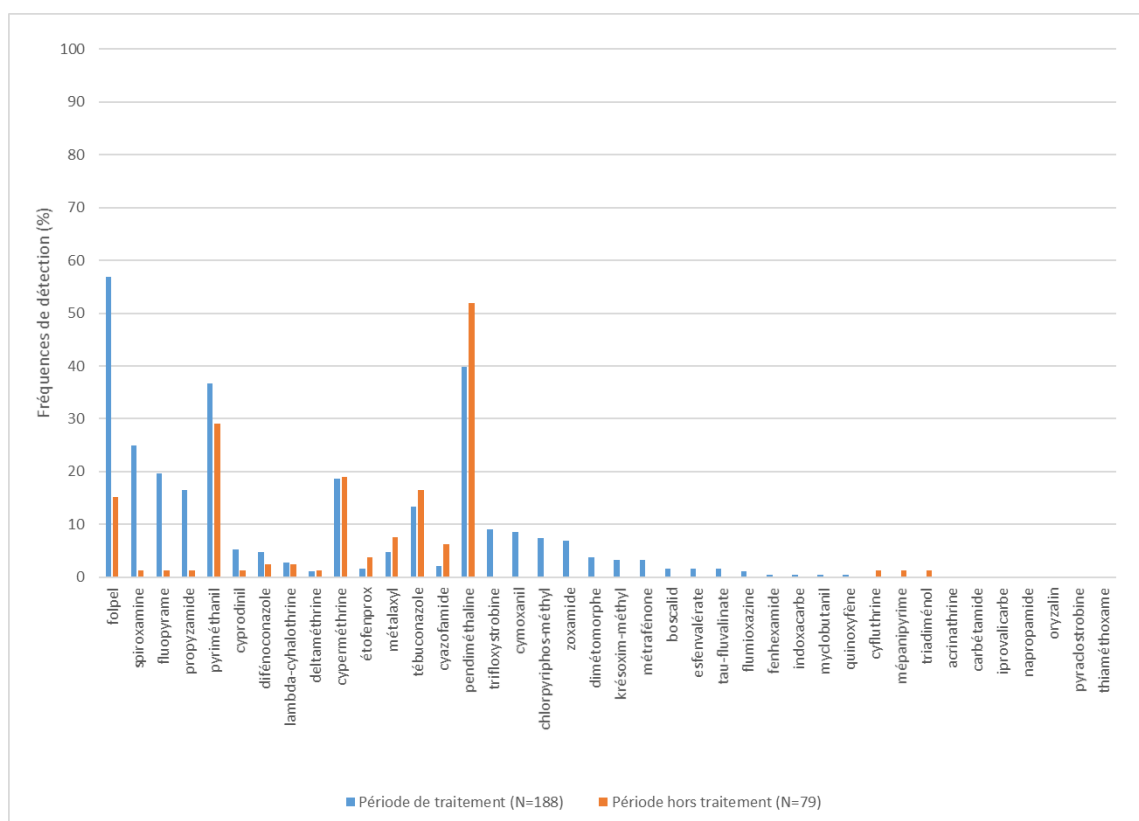


Figure 41 : Fréquences de détection dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes (bleu) ou période hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

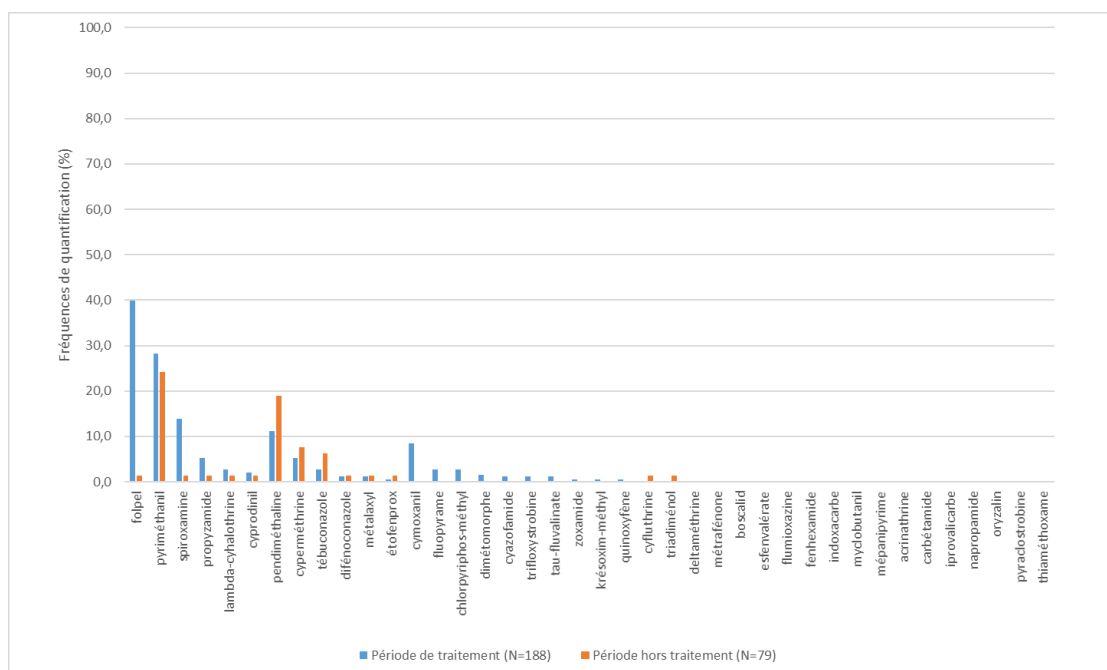


Figure 42 : Fréquences de quantification dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes (bleu) ou période hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

8.2 Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max})

Les Tableau 37 et Tableau 38 comparent respectivement les 95^{ème} centiles (P95) et les concentrations maximales des substances dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement avec ceux en période hors traitement. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de concentrations entre la période de traitement et la période hors traitement, exprimées en ng/m³ ;
- les ratios entre les valeurs de concentrations en période de traitement et en période hors traitement, sans dimension ;
- les pourcentages de variation des concentrations (différence entre la valeur en période de traitement et celle en période hors traitement rapportée sur la valeur en période hors traitement).

La période hors traitement sert systématiquement de référence.

Comparaison des médianes (P50)

1 substance (folpel) présente une **médiane (P50) du même ordre de grandeur en zones viticoles en période qu'en période hors traitement** (0,09 ng/m³ versus 0,06 ng/m³).

Pour les 39 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P50 (P50 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des 95^{ème} centiles (P95)

3 substances présentent des **P95 des concentrations plus élevés en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement** :

- pour 1 substance ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement (folpel), la différence de P95 est de +1,65 ng/m³, correspondant à un niveau de P95 13 fois plus élevé en période de traitement qu'en période hors traitement ;
- pour 2 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en zones viticoles uniquement en période de traitement (spiroxamine, cymoxanil), les différences de P95 varient au minimum de +0,19 à +0,61 ng/m³, correspondant à des niveaux au moins 5 à 14 fois plus élevés en période de traitement.

2 substances (cyperméthrine, pendiméthaline) présentent des **P95 moins élevés en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**, avec des différences du P95 de -0,16 et -0,1 ng/m³ correspondant à des niveaux de P95 1,7 et 2,2 fois moins élevés en période de traitement qu'en période hors traitement.

10 substances (pyriméthanil, métalaxyl, tébuconazole, fluopyrame, trifloxystrobine, propyzamide, chlorpyrifos-méthyl, zoxamide, cyprodinil, cyazofamide) présentent des **P95 du même ordre de grandeur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement**.

Pour les 25 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 (P95 < LD quelle que soit la période).

Comparaison des concentrations maximales (C_{\max})

20 substances présentent des C_{\max} **plus élevées en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement** :

- pour 12 substances détectées en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement (spiroxamine, cyperméthrine, folpel, lambda-cyhalothrine, tébuconazole, pendiméthaline, cyazofamide, fluopyrame, métalaxyl, pyriméthanil, difénoconazole, cyprodinil), les différences de C_{\max} varient de +0,12 à +9,9 ng/m³, correspondant à des niveaux 1,6 à 46 fois plus élevés en période de traitement ;
- pour 8 substances détectées en zones viticoles en période de traitement uniquement (cymoxanil, chlorpyrifos-méthyl, diméthomorphe, flumioxazone, tau-fluvalinate, trifloxystrobine, zoxamide, krésoxim-méthyl), les différences de P95 varient au minimum de +0,11 à +1,1 ng/m³, correspondant à des niveaux de C_{\max} au moins 2,2 à 27 fois plus élevés en période de traitement.

3 substances présentent une C_{\max} **plus élevée en zones viticoles en période hors traitement qu'en période de traitement** (cyfluthrine, triadiménol, mépanipyrime ; 3 substances non détectées en période de traitement), les différences de C_{\max} variant de -0,03 à -0,22 ng/m³, correspondant à des niveaux 1,7 à 5 fois plus élevés en période hors traitement.

10 substances présentent des C_{\max} **équivalentes** (propyzamide, fenhexamide) **ou du même ordre de grandeur** (étofenprox, deltaméthrine, métrafénone, myclobutanil, quinoxifène, boscalid, indoxacarbe, esfenvalérate) **en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement**.

Pour les 7 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les C_{\max} ($C_{\max} < LD$ quelle que soit la période).

En conclusion, en zones viticoles, les P95 des concentrations dans l'air intérieur des foyers sont :

- **plus élevés en période de traitement qu'en période hors traitement pour 3 substances (folpel, spiroxamine, cymoxanil) ;**
- **moins élevés en période de traitement qu'en période hors traitement pour 2 substances (cyperméthrine, pendiméthaline) ;**
- **du même ordre de grandeur quelle que soit la période pour 10 substances (pyriméthanil, métalaxyl, tébuconazole, fluopyrame, trifloxystrobine, propyzamide, chlorpyrifos-méthyl, zoxamide, cyprodinil, cyazofamide).**

Pour les 25 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 ($P95 < LD$ quelle que soit la zone).

Tableau 37 : Comparaison des 95^{ème} centiles des concentrations (P95) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD ≥ 5 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles				
		Période de traitement (N=188)	Période hors traitement (N=79)	Comparaison selon la période		
		P95* (ng/m ³)	P95* (ng/m ³)	Différence P95** (ng/m ³)	Ratio P95***	Variation P95**** (%)
folpel	133-07-3	1,79	0,14	1,65	12,8	1179
pyriméthanil	53112-28-0	0,16	0,13	0,03	1,2	23
métalaxyl	70630-17-0	0,05	0,06	-0,01	0,8	-17
tébuconazole	107534-96-3	0,11	0,16	-0,05	0,7	-31
cyperméthrine	52315-07-8	0,24	0,40	-0,16	0,6	-40
pendiméthaline	40487-42-1	0,08	0,18	-0,10	0,4	-56
spiroxamine	118134-30-8	0,66	<LD (0,05)	≥ 0,61	≥ 14	≥ 1304
cymoxanil	57966-95-7	0,24	<LD (0,05)	≥ 0,19	≥ 5,1	≥ 4101
fluopyrame	658066-35-4	0,12	<LD (0,05)	≥ 0,07	≥ 2,6	≥ 155
trifloxystrobine	141517-21-7	0,07	<LD (0,04)	≥ 0,03	≥ 1,9	≥ 89
propyzamide	23950-58-5	0,06	<LD (0,02)	≥ 0,04	≥ 3,2	≥ 216
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,06	<LD (0,04)	≥ 0,02	≥ 1,6	≥ 62
zoxamide	156052-68-5	0,06	<LD (0,05)	≥ 0,01	≥ 1,3	≥ 28
cyprodinil	121552-61-2	0,03	<LD (0,02)	≥ 0,01	≥ 1,6	≥ 58
cyazofamide	120116-88-3	<LD (0,05)	0,06	≤ -0,01	≤ 0,8	≤ -17

*P95 = 95^{ème} percentile

** Différence P95 = P95 (période de traitement) - P95 (période hors traitement)

*** Ratio P95 = P95 (période de traitement) / P95 (période hors traitement)

**** Variation P95 = (Différence P95 / P95 (période hors traitement)) * 100

Tableau 38 : Comparaison des concentrations maximales (C_{\max}) dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD > 0 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles				
		Période de traitement (N=188)	Période hors traitement (N=79)	Comparaison selon la période		
		C_{\max} (ng/m ³)	C_{\max} (ng/m ³)	Différence C_{\max} (ng/m ³)	Ratio C_{\max}^{***}	Variation C_{\max}^{****} (%)
spiroxamine	118134-30-8	10,12	0,22	9,90	46,0	4500
cyperméthrine	52315-07-8	6,59	0,84	5,75	7,8	685
folpel	133-07-3	4,72	0,57	4,15	8,3	728
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,11	0,07	2,04	30,1	2914
tébuconazole	107534-96-3	1,28	0,81	0,47	1,6	58
pendiméthaline	40487-42-1	1,20	0,57	0,63	2,1	111
cyazofamide	120116-88-3	0,91	0,07	0,84	13,0	1200
fluopyrame	658066-35-4	0,59	0,05	0,54	11,8	1080
métalaxyl	70630-17-0	0,38	0,22	0,16	1,7	73
pyriméthanil	53112-28-0	0,33	0,21	0,12	1,6	57
difénoconazole	119446-68-3	0,32	0,15	0,17	2,1	113
cyprodinil	121552-61-2	0,22	0,07	0,15	3,1	214
étofenprox	80844-07-1	0,17	0,16	0,01	1,1	6
propyzamide	23950-58-5	0,11	0,11	0	1,0	0
deltaméthrine	52918-63-5	0,07	0,04	0,03	1,8	75
cymoxanil	57966-95-7	1,16	<LD (0,05)	≥ 1,1	≥ 25	≥ 2368
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,99	<LD (0,04)	≥ 0,95	≥ 27	≥ 2576
dimétomorphe	110488-70-5	0,47	<LD (0,05)	≥ 0,42	≥ 10	≥ 900
flumioxazine	103361-09-7	0,40	<LD (0,19)	≥ 0,21	≥ 2,2	≥ 115
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,23	<LD (0,05)	≥ 0,18	≥ 4,9	≥ 389
trifloxystrobine	141517-21-7	0,20	<LD (0,04)	≥ 0,16	≥ 5,4	≥ 440
zoxamide	156052-68-5	0,16	<LD (0,05)	≥ 0,11	≥ 3,4	≥ 240
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,13	<LD (0,02)	≥ 0,11	≥ 6,8	≥ 584
métrafénone	220899-03-6	0,12	<LD (0,05)	≥ 0,07	≥ 2,6	≥ 155
myclobutanil	88671-89-0	0,10	<LD (0,04)	≥ 0,06	≥ 2,7	≥ 170
quinoxifène	124495-18-7	0,09	<LD (0,01)	≥ 0,08	≥ 10	≥ 900
boscalid	188425-85-6	0,08	<LD (0,05)	≥ 0,03	≥ 1,7	≥ 70
indoxacarbe	173584-44-6	0,07	<LD (0,05)	≥ 0,02	≥ 1,5	≥ 49
esfenvalérate	66230-04-4	0,06	<LD (0,02)	≥ 0,04	≥ 2,5	≥ 150
fenhexamide	126833-17-8	0,05	<LD (0,05)	≥ 0	≥ 1,1	≥ 6,4
cyfluthrine	68359-37-5	<LD (0,06)	0,28	≤ -0,22	≤ 0,2	≤ -80
triadiménol	55219-65-3	<LD (0,05)	0,24	≤ -0,19	≤ 0,2	≤ -80
mépanipryme	110235-47-7	<LD (0,05)	0,08	≤ -0,03	≤ 0,6	≤ -41

* C_{\max} = concentration maximale

** Différence C_{\max} = C_{\max} (période de traitement) - C_{\max} (période hors traitement)

*** Ratio C_{\max} = C_{\max} (période de traitement) / C_{\max} (période hors traitement)

**** Variation C_{\max} = (Différence C_{\max} / C_{\max} (période hors traitement)) * 100

8.3 Comparaison graphique des distributions des concentrations

Les Figure 43 à Figure 57 comparent les distributions des concentrations des 15 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et/ou en période hors traitement :

- **les différences de distribution sont marquées avec des concentrations plus importantes en période de traitement pour le folpel ;**
- **les différences de distribution sont plus modérées avec globalement des concentrations légèrement plus importantes en période de traitement pour le pyriméthanil et la spiroxamine et légèrement plus faibles en période de traitement pour la pendiméthaline ;**
- **les distributions sont globalement similaires quelle que soit la période**, avec tout de même un nombre de détections plus élevé en période de traitement pour le propyzamide, le cyprodinil, le cymoxanil, le fluopyrame, la trifloxystrobine ; légèrement plus élevé en période de traitement pour le métalaxyl, la cyperméthrine, le tébuconazole, le chlorpyrifos-méthyl et le zoxamide ; légèrement plus élevé en période hors traitement pour le cyazofamide.

L'Annexe 33 compare les distributions des concentrations des autres substances.

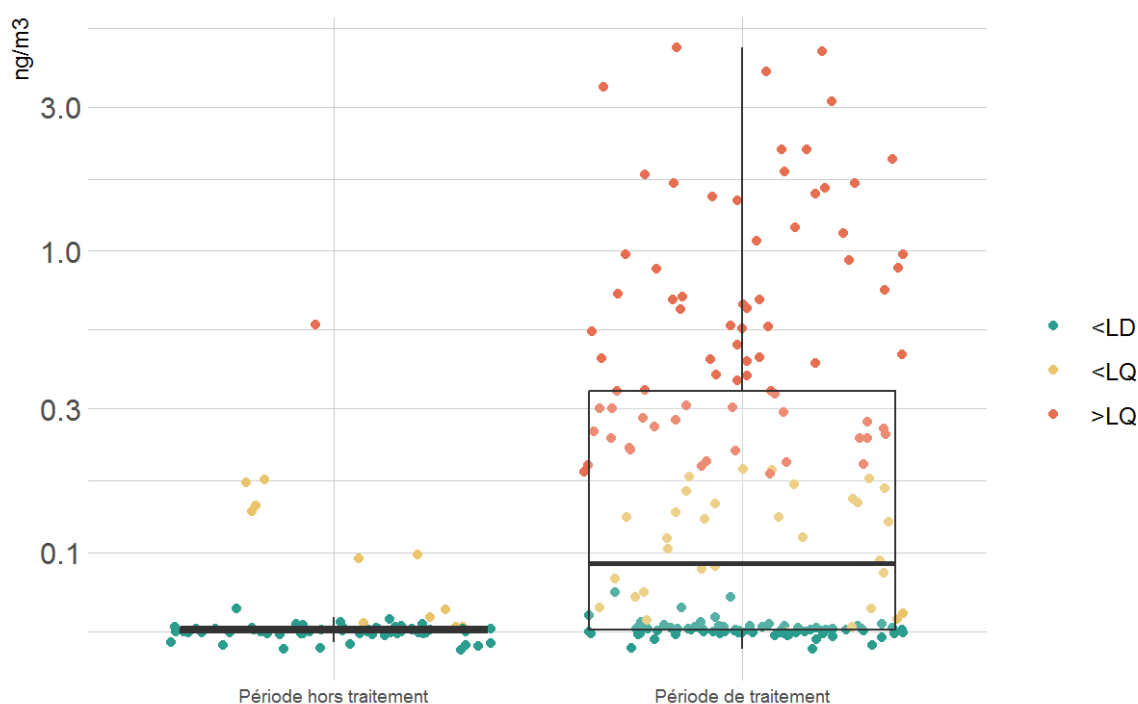


Figure 43 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en folpel dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

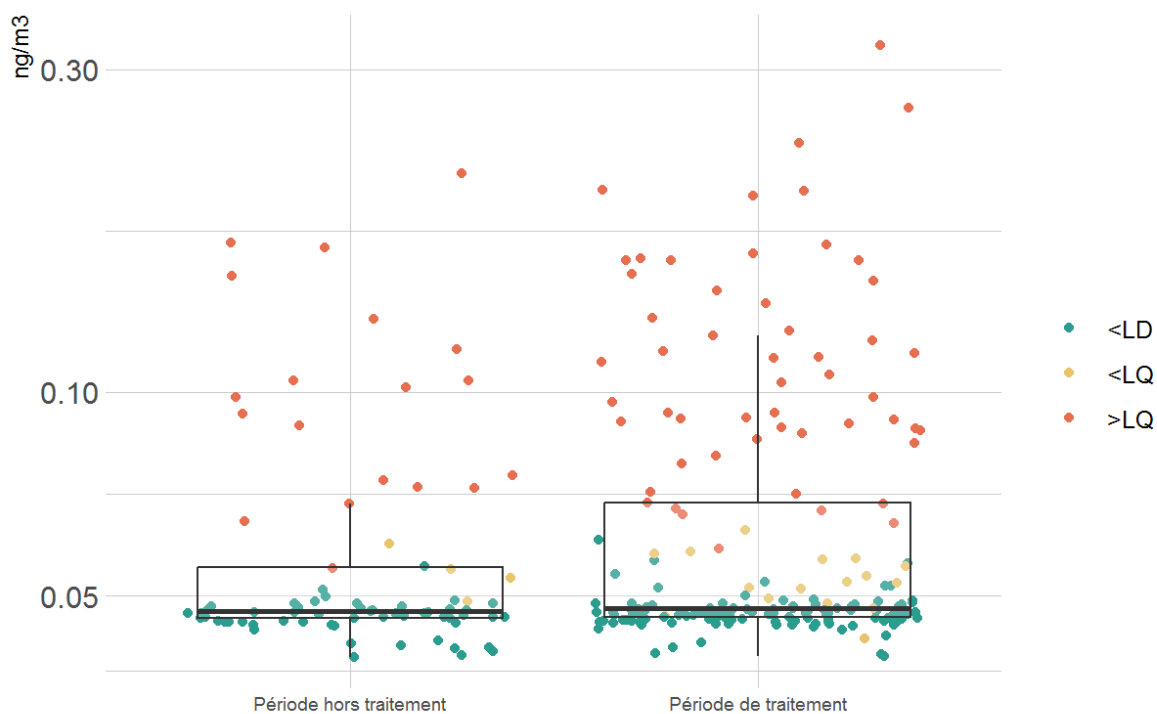


Figure 44 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en pyriméthanil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

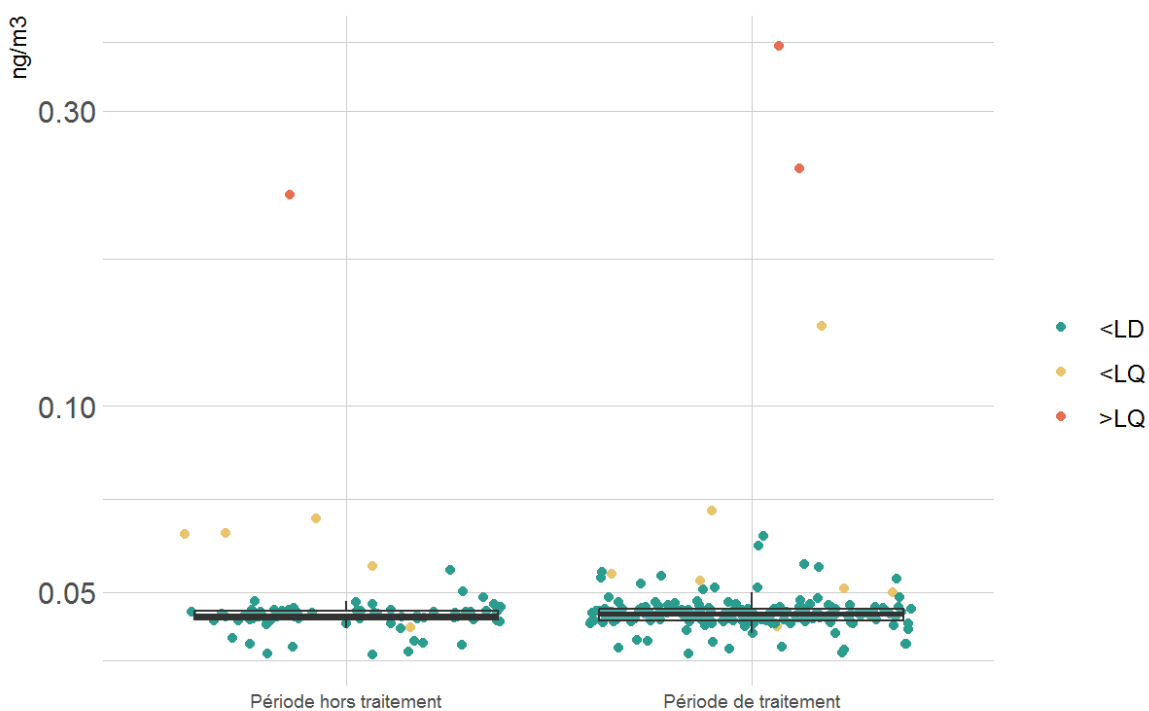


Figure 45 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en métalaxyl dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

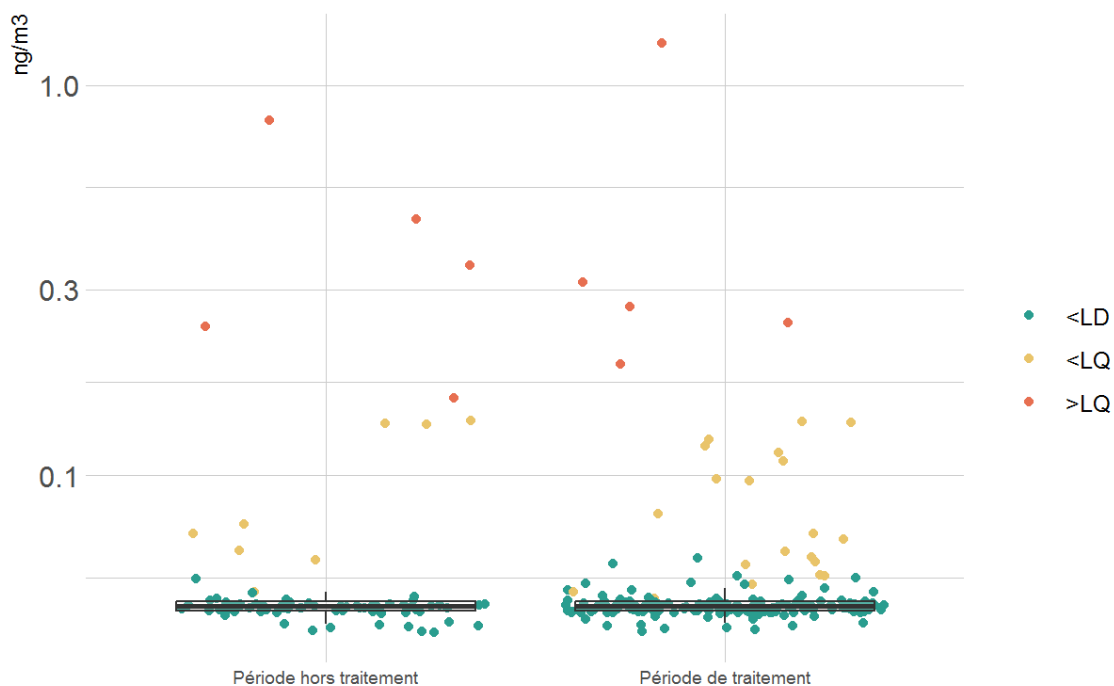


Figure 46 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en tébuconazole dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

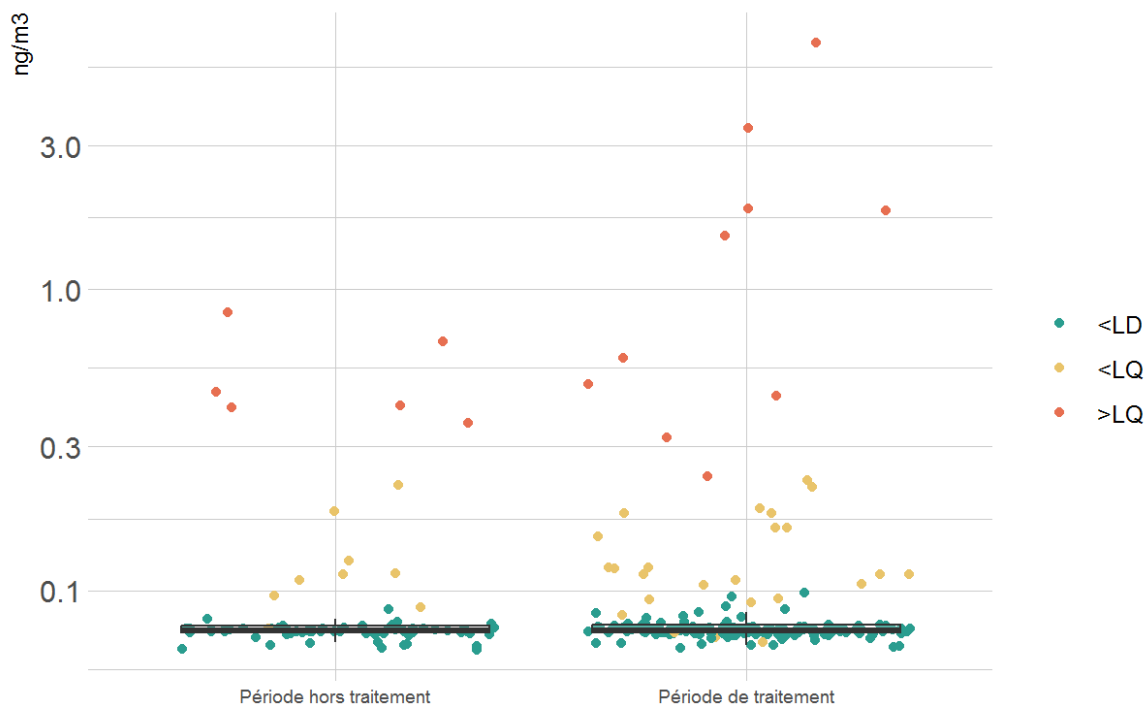


Figure 47 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cyperméthrine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

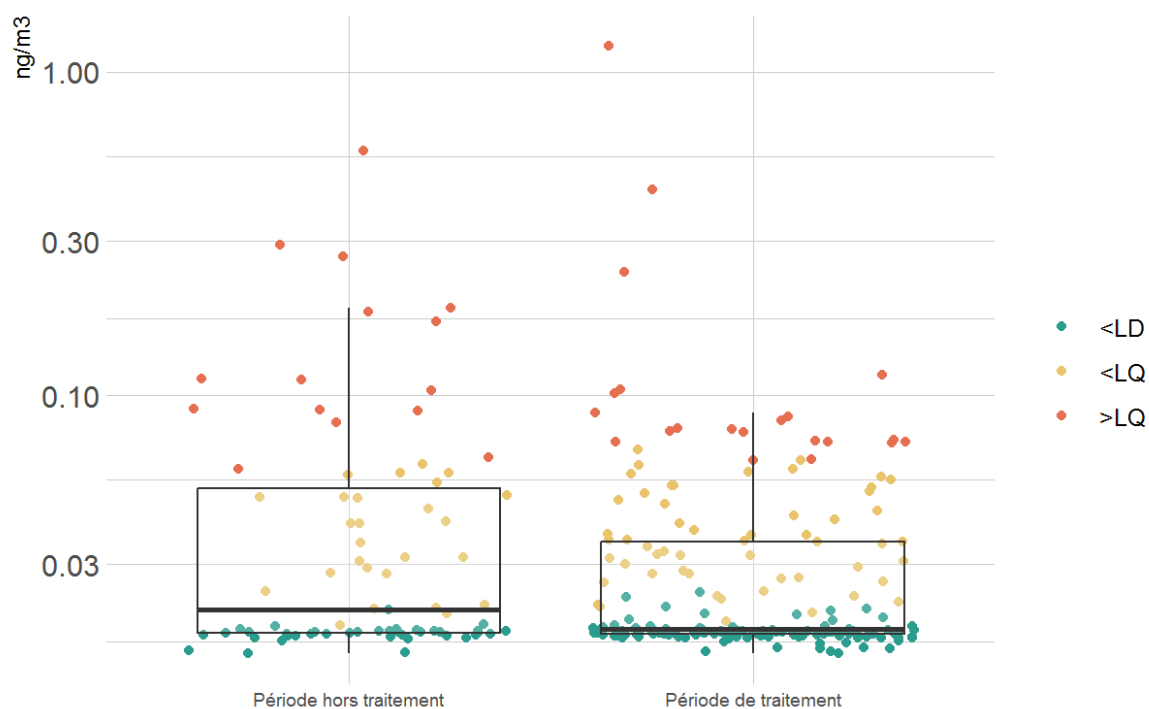


Figure 48 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en pendiméthaline dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

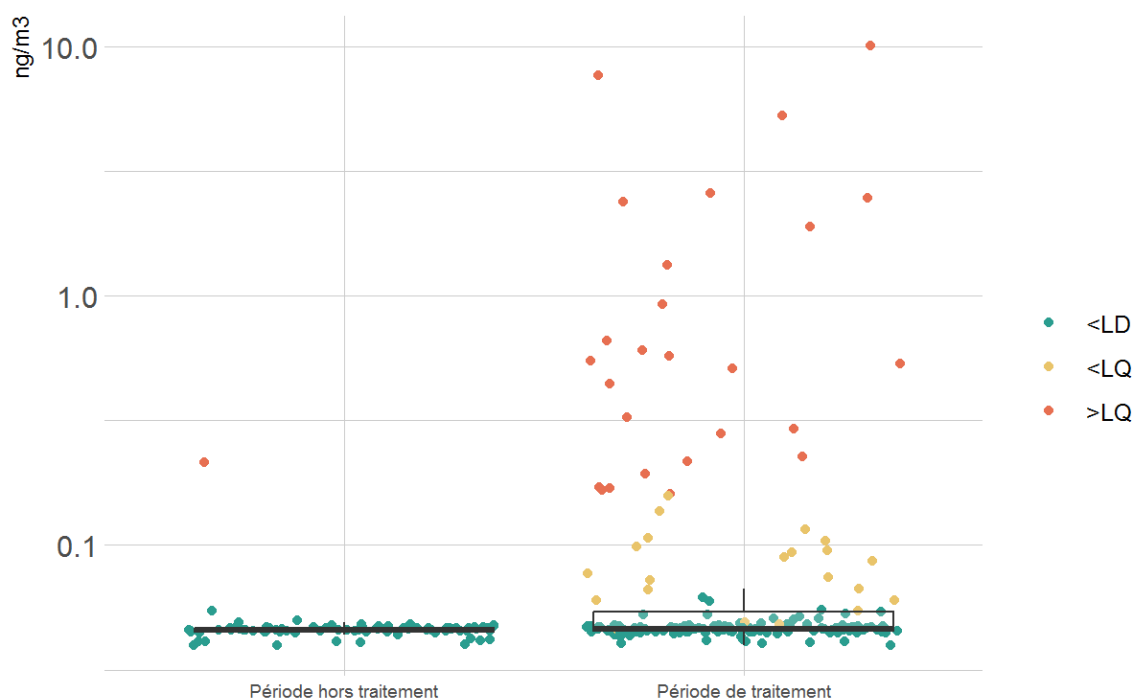


Figure 49 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en spiroxamine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

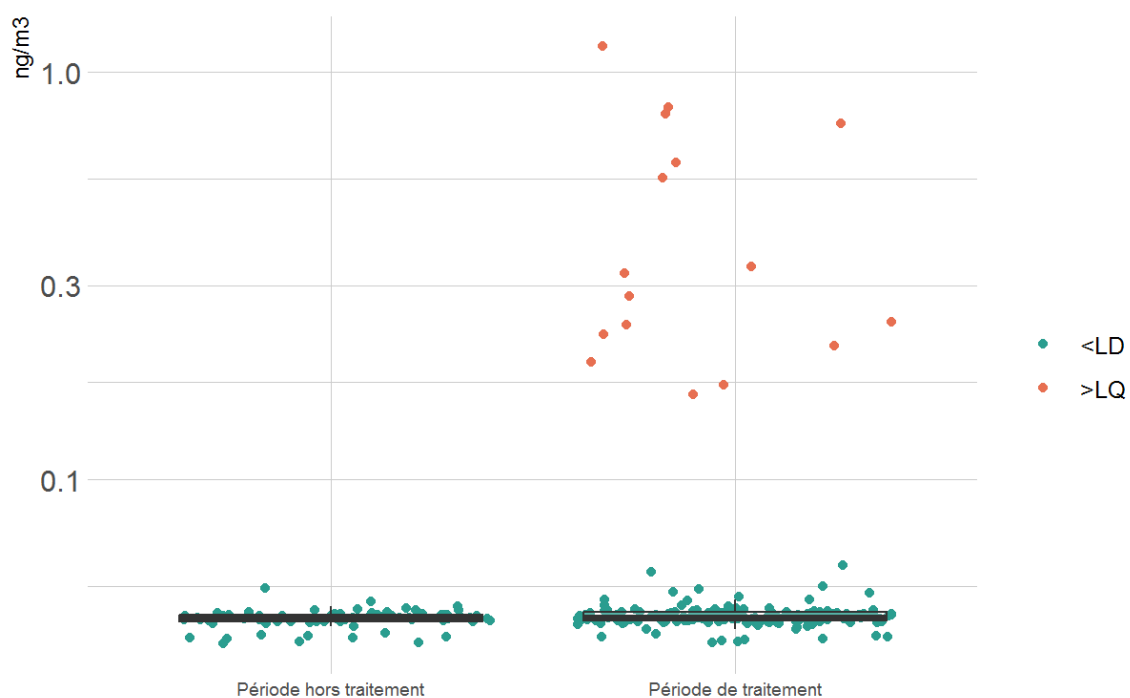


Figure 50 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cymoxanil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

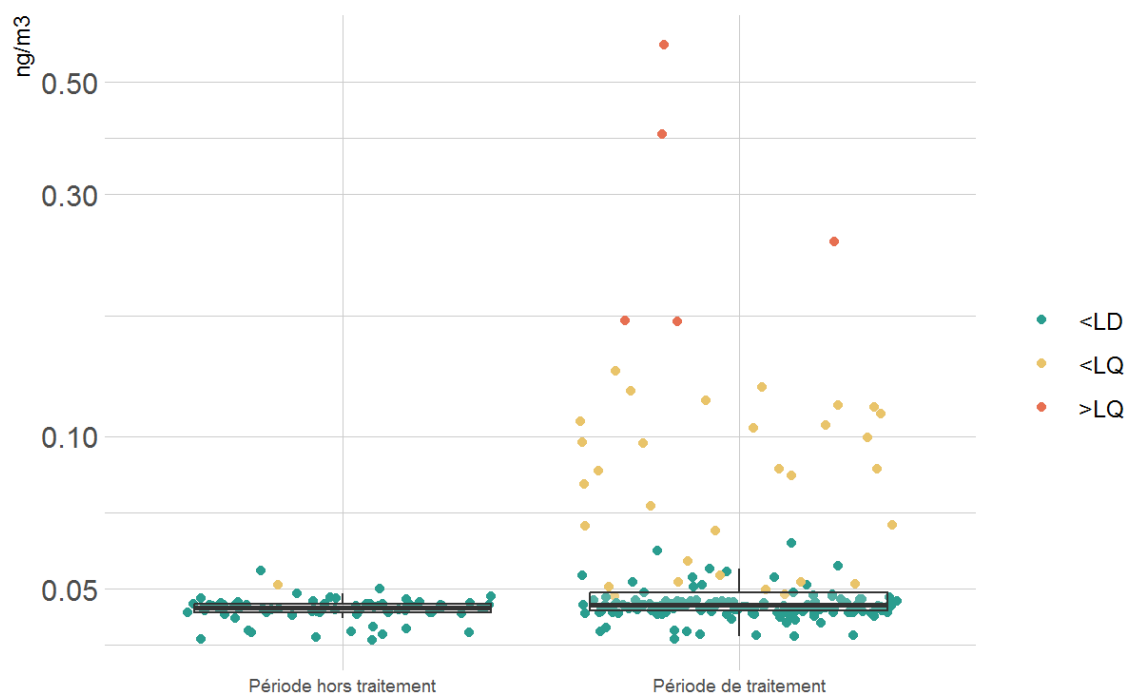


Figure 51 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en fluopyrame dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

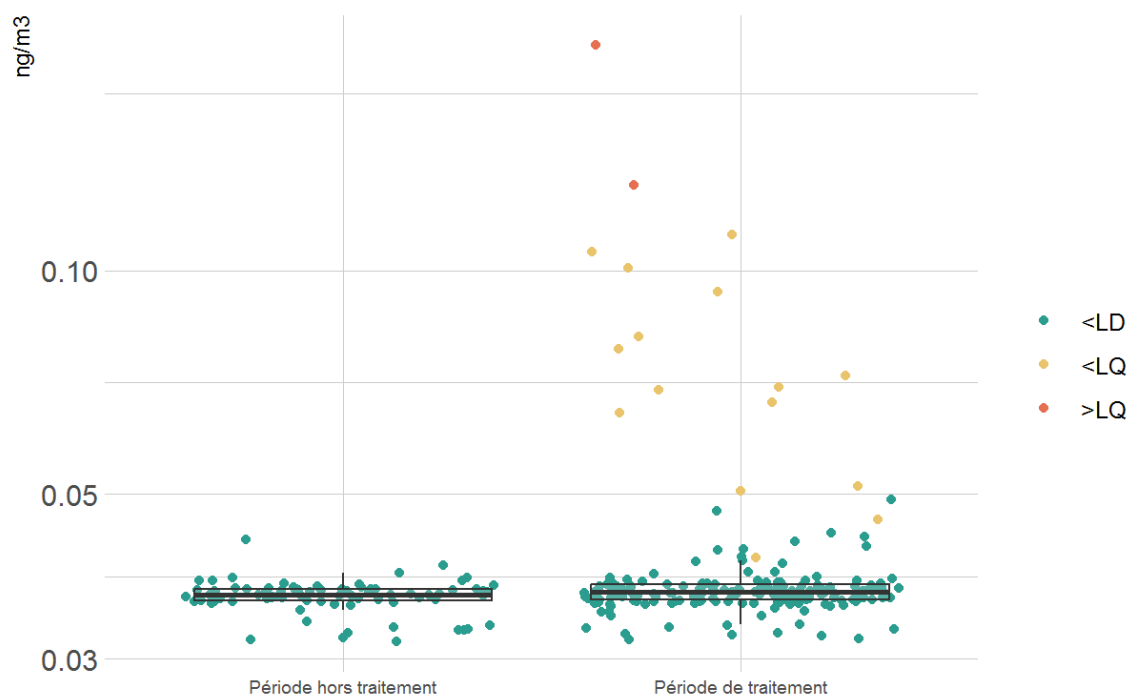


Figure 52 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en trifloxystrobine dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

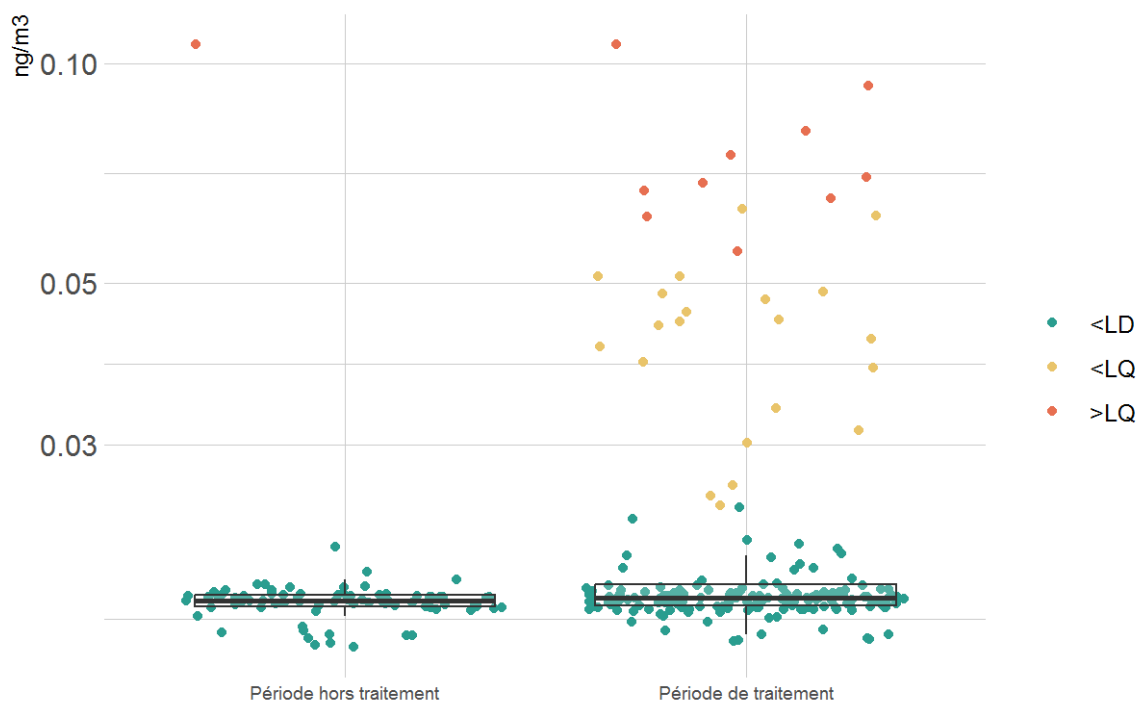


Figure 53 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en propyzamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

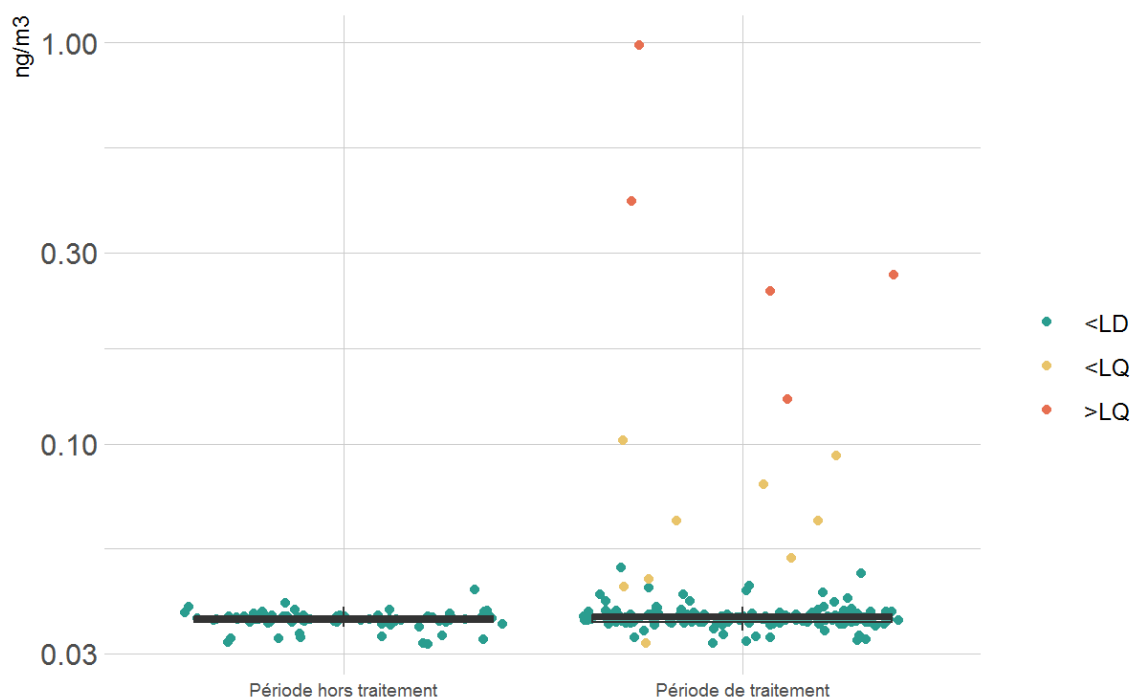


Figure 54 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en chlorpyrifos-méthyl dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

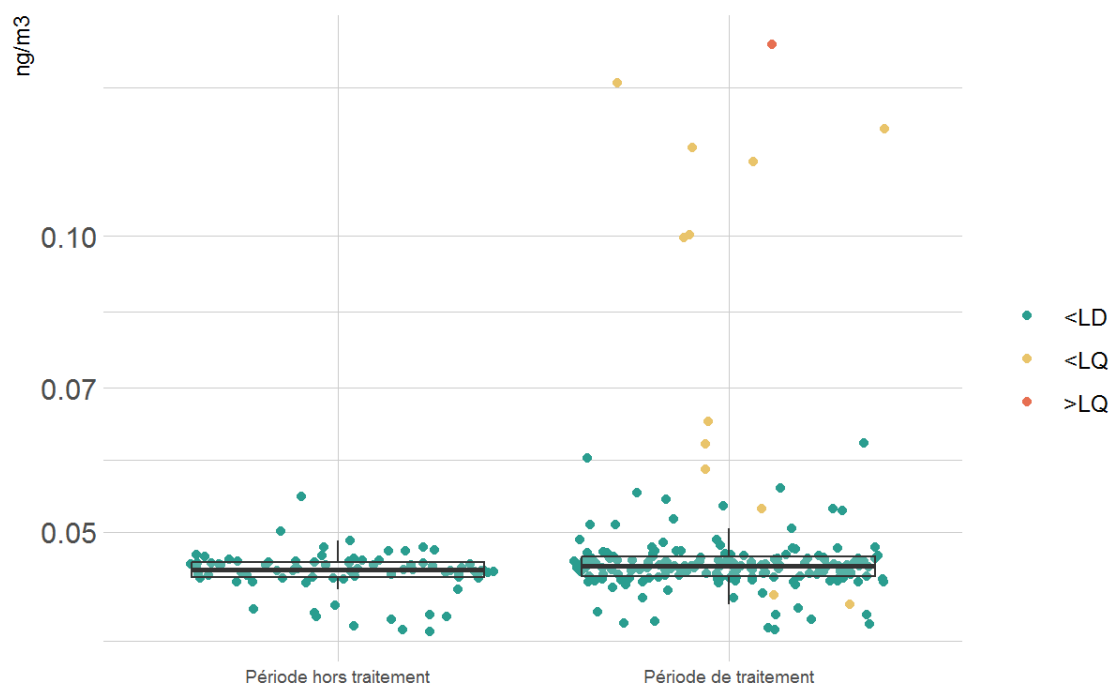


Figure 55 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en zoxamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

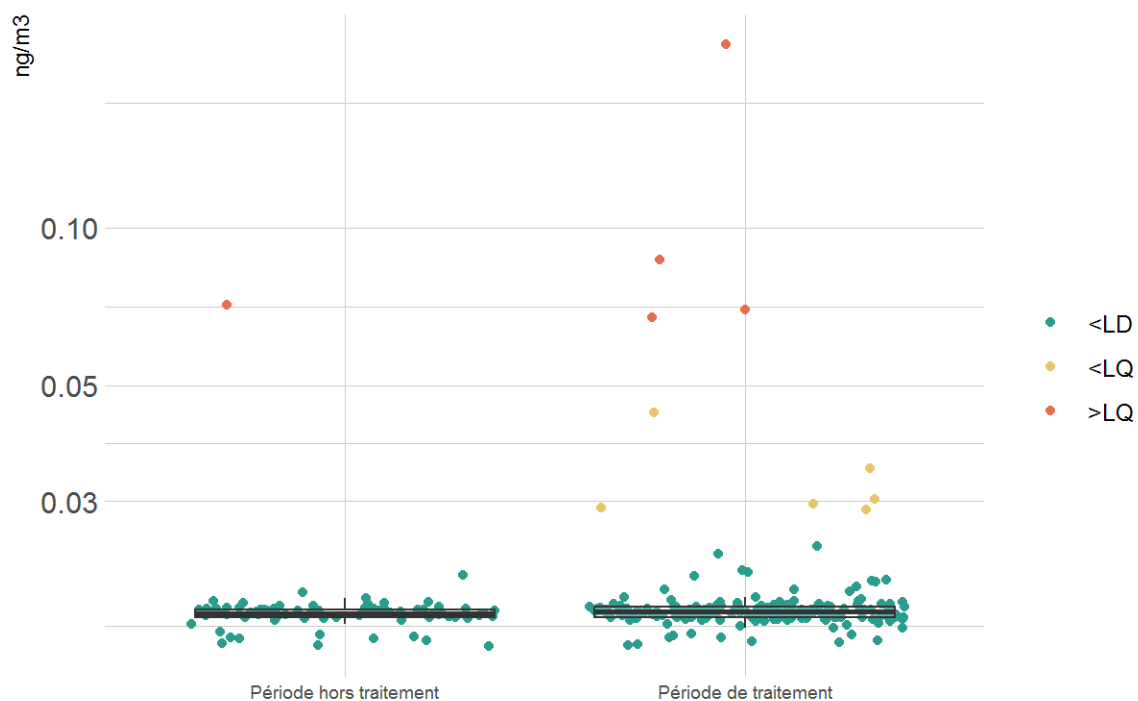


Figure 56 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cyprodinil dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

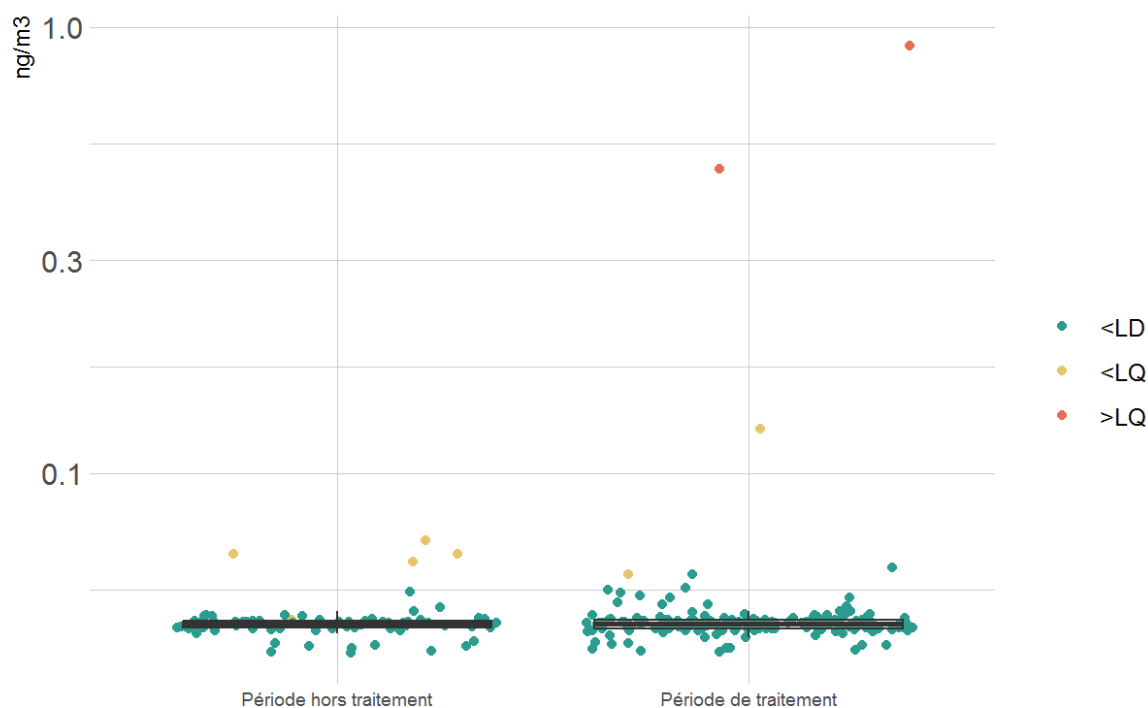


Figure 57 : Comparaison des concentrations (ng/m³) en cyazofamide dans les échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

8.4 Caractérisation de l'effet de la période

L'effet de la période sur les niveaux de contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles a été caractérisé à partir des analyses descriptives en tenant compte des 4 paramètres suivants :

- ratio P95 (sans dimension) = P95 (période de traitement) / P95 (période hors traitement) ;
- différence FQ (exprimée en points de pourcentages (p%)) = FQ (période de traitement) - FQ (période hors traitement) ;
- FQ (période hors traitement) ;
- cohérence des indicateurs spatialisés de niveau 2 et du profil de contamination en zones viticoles.

Ces paramètres sont complémentaires et permettent de tenir compte à la fois de la quantification des substances (*via* notamment la différence de FQ) et des niveaux de contamination (*via* le ratio P95). La caractérisation s'appuie en partie sur les concentrations les plus élevées, tout en excluant les valeurs extrêmes.

Les critères retenus pour caractériser la plausibilité et la force de l'effet de la zone sont détaillés dans le Tableau 39. Les seuils proposés permettent de discriminer les substances et de définir plusieurs grandes catégories.

L'analyse est réalisée uniquement pour les 24 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement ou en période hors traitement. Le Tableau 40 synthétise les résultats.

Tableau 39 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la période de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

Plausibilité de l'effet	Très probable	|Différence FQ| ≥ 10 p% ET Pertinence des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour expliquer la contamination en zones viticoles
	Probable	|Différence FQ| ≥ 10 p% OU Différence FQ < 10 p% ET FQ (période hors traitement) = 0 %
	Non démontré	/
Force de l'effet	Fort	Ratio P95 ≥ 10 OU Ratio P95 ≤ 0,1
	Modéré	5 ≤ Ratio P95 < 10 OU 0,1 < Ratio P95 ≤ 0,2
	Faible	0,2 < Ratio P95 < 5
	Très faible	Ratio P95 non estimable

Légende :

Ratio P95 = P95 (période de traitement) / P95 (période hors traitement)

Différence FQ = FQ (période de traitement) - FQ (période hors traitement) en points de pourcentages (p%)

En conclusion, d'après les analyses descriptives des 24 substances quantifiées au moins une fois en zones viticoles quelle que soit la période, **la période de traitement** :

✓ **Présente des fréquences de quantification plus élevées pour 12 substances, avec un effet période**

- **Probable** et :

- **fort** pour 2 substances : folpel, spiroxamine ;
- **modéré** pour 1 substance : cymoxanil ;
- **faible** pour 4 substances : fluopyrame, chlorpyriphos-méthyl, trifloxystrobine, zoxamide ;
- **très faible** pour 5 substances : diméthomorphe, cyazofamide, tau-fluvalinate, krésoxim-méthyl, quinoxyfène.

✓ **N'a pas d'effet démontré pour 12 substances**, en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus.

Tableau 40 : Plausibilité et force de l'effet de la période de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Effet de la période principale de traitement des vignes en zones viticoles
folpel	133-07-3	Probable / Fort
spiroxamine	118134-30-8	Probable / Fort
cymoxanil	57966-95-7	Probable / Modéré
fluopyrame	658066-35-4	Probable / Faible
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	Probable / Faible
trifloxystrobine	141517-21-7	Probable / Faible
zoxamide	156052-68-5	Probable / Faible
diméthomorphe	110488-70-5	Probable / Très faible
cyazofamide	120116-88-3	Probable / Très faible
tau-fluvalinate	102851-06-9	Probable / Très faible
krésoxim-méthyl	143390-89-0	Probable / Très faible
quinoxyfène	124495-18-7	Probable / Très faible
pyriméthanil	53112-28-0	Non démontré
propyzamide	23950-58-5	Non démontré
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Non démontré
cyprodinil	121552-61-2	Non démontré
métalaxyl	70630-17-0	Non démontré
difénoconazole	119446-68-3	Non démontré
étofenprox	80844-07-1	Non démontré
cyfluthrine	68359-37-5	Non démontré
triadiménol	55219-65-3	Non démontré
cyperméthrine	52315-07-8	Non démontré
tébuconazole	107534-96-3	Non démontré
pendiméthaline	40487-42-1	Non démontré

9 DISCUSSION

9.1 Ce que le protocole a permis de faire

À de multiples égards, cette campagne de mesures dans l'air intérieur revêt un caractère exceptionnel. En effet, elle a permis :

- la recherche de 40 substances parmi 58 substances priorisées en zones viticoles (cf. Figure 1) ;
- la collecte en période de traitement en simultané de 188 échantillons chez des foyers en zones viticoles et de 44 échantillons chez des foyers en zones non viticoles et la collecte en période hors traitement de 79 échantillons chez des foyers en zones viticoles (soit 311 échantillons au total) ;
- la mise en œuvre d'un protocole harmonisé à l'échelle de l'ensemble des zones étudiées, pour la gestion des prélèvements et des échantillons et la validation des données d'analyse ;
- la gestion de l'ensemble des échantillons par un seul laboratoire.

Au global, cette campagne de mesures a permis de collecter environ **12 000 données de contamination dans l'air intérieur entre octobre 2021 et septembre 2022** sur une sélection de **foyers localisés en zones viticoles et en zones non viticoles éloignées de toutes cultures**¹⁴.

9.2 Résultats principaux

***Préambule :** Les conclusions reposent uniquement sur les analyses descriptives. Les modélisations statistiques, plus robustes grâce à la prise en compte de facteurs d'ajustement notamment, n'ont pas pu être réalisées à cause des trop faibles fréquences de quantifications des substances.*

9.2.1 Contamination des échantillons d'air intérieur

Le Tableau 41 synthétise les résultats détaillés à la partie 5 qui décrit la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement et en zones non viticoles en période de traitement.

- En zones viticoles sur toute la période de traitement (du 14/03/2022 au 06/09/2022)

188 échantillons d'air intérieur ont été collectés dont analysés.

Sur 40 substances analysées, 30 sont détectées et 22 quantifiées.

4 substances (folpel, pendiméthaline, pyriméthanil, spiroxamine) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %.

2 substances ont une fréquence de quantification supérieure à 20 % (folpel, pyriméthanil) mais aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 40 %.

¹⁴ Pour rappel, les foyers en zones non viticoles respectent les deux critères suivants : distance par rapport à une parcelle viticole de plus de 1 hectare supérieure à 5 000 m et distance par rapport à une parcelle de culture agricole supérieure à 1 000 m.

Les 95^{ème} centiles des concentrations des 13 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,03 ng/m³ et 1,79 ng/m³. Ils sont supérieurs à 1 ng/m³ pour 1 substance (folpel).

- En zones non viticoles sur toute la période de traitement (du 14/03/2022 au 20/09/2022)

44 échantillons d'air intérieur ont été collectés dont analysés.

Sur 40 substances analysées, 13 sont détectées et 9 quantifiées.

2 substances (folpel, pendiméthaline) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %. Aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 20 %.

Les 95^{ème} centiles des concentrations des 5 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,03 ng/m³ et 0,68 ng/m³.

- En zones viticoles sur toute la période hors traitement (du 30/10/2021 au 28/02/2022)

79 échantillons d'air intérieur ont été collectés dont analysés.

Sur 40 substances analysées, 18 sont détectées et 14 quantifiées.

2 substances (pendiméthaline, pyriméthanil) ont une fréquence de détection supérieure à 20 %. 1 substance (pyriméthanil) a une fréquence de quantification supérieure à 20 % mais aucune substance n'a une fréquence de quantification supérieure à 40 %.

Les 95^{ème} centiles des concentrations des 7 substances avec une fréquence de détection supérieure à 5 % sont compris entre 0,05 ng/m³ et 0,18 ng/m³.

Tableau 41 : Contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement et en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Zones viticoles en période de traitement	Zones non viticoles en période de traitement	Zones viticoles en période hors traitement
Nombre d'échantillons collectés et analysés	188	44	79
Période de mesure	14/03/2022 au 06/09/2022	14/03/2022 au 20/09/2022	30/10/2021 au 28/02/2022
FD > 0 %	30 substances	13 substances	18 substances
FQ > 0 %	22 substances	9 substances	14 substances
FD > 40 %	1 substance	0 substance	0 substance
FQ > 40 %	0 substance	0 substance	0 substance
1 ng/m³ ≤ P95	folpel	/	/
0,5 ng/m³ ≤ P95 < 1 ng/m³	spiroxamine	folpel	/
0,1 ng/m³ ≤ P95 < 0,5 ng/m³	cymoxanil cyperméthrine pyriméthanil fluopyrame tébuconazole	/	cyperméthrine pendiméthaline tébuconazole folpel pyriméthanil

FD = fréquence de détection ; FQ = fréquence de quantification ; P95 = 95^{ème} centile des concentrations

9.2.2 Comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement selon la zone (viticole ou non)

La comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles est détaillée en partie 6. Elle repose sur un ensemble de critères définis *a priori* (Tableau 33) pour évaluer la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur les niveaux de contaminations de l'air intérieur des substances recherchées.

En conclusion (cf. Tableau 42), d'après les analyses descriptives des 23 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement quelle que soit la zone, **la zone viticole** :

✓ **Présente des fréquences de quantification plus élevées pour 16 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (10 substances), avec un effet de la zone viticole :**

- **Probable** et :
 - **fort** pour 1 substance : spiroxamine ;
 - **modéré** pour 1 substance : cymoxanil ;
 - **faible** pour 8 substances : folpel, pyriméthanil, cyperméthrine, fluopyrame, tébuconazole, cyprodinil, trifloxystrobine, zoxamide ;
 - **très faible** pour 6 substances : diméthomorphe, difénoconazole, métalaxyl, tau-fluvalinate, étofenprox, quinoxyfène.

✓ **N'a pas d'effet démontré pour 7 substances**, en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus.

9.2.3 Identification des facteurs associés aux contaminations des échantillons de l'air intérieur en zones viticoles en période de traitement

L'identification des facteurs associés aux contaminations des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement est détaillée en partie 7. Toutefois, ce travail est difficile à réaliser en l'absence de modélisations statistiques (taux de censure trop élevés) et de données de contamination longitudinales.

Les résultats de contamination suggèrent tout de même que les indicateurs spatialisés de niveau 2 pourraient expliquer partiellement et ponctuellement certaines contaminations observées dans l'air intérieur.

À noter que les autres indicateurs spatialisés (distance et densité de vignes *via* les indicateurs spatialisés de niveau 1 – cf. 4.2), les comportements et habitudes des foyers (cf. 4.1), ainsi que les autres indicateurs contextuels (part de surface de vignes conduites en agriculture biologique, part d'exploitations conduites en agriculture biologique, densité des autres cultures consommatrices de PPP – cf. Tome 0) n'ont pas pu être étudiés dans le cadre de ce volet.

9.2.4 Comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles selon la période (traitement des vignes ou hors traitement)

La comparaison de la contamination des échantillons d'air intérieur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement est détaillée en partie 8. Elle repose sur un ensemble de critères définis *a priori* (Tableau 39) pour évaluer la plausibilité et la force de l'effet de la période de traitement des vignes sur les niveaux de contaminations de l'air ambiant des substances recherchées.

En conclusion (cf. Tableau 42), d'après les analyses descriptives des 24 substances quantifiées au moins une fois en zones viticoles quelle que soit la période, **la période de traitement** :

✓ **Présente des fréquences de quantification plus élevées pour 12 substances, avec un effet période**

- **Probable** et :

- **fort** pour 2 substances : folpel, spiroxamine ;
- **modéré** pour 1 substance : cymoxanil ;
- **faible** pour 4 substances : fluopyrame, chlorpyriphos-méthyl, trifloxystrobine, zoxamide ;
- **très faible** pour 5 substances : diméthomorphe, cyazofamide, tau-fluvalinate, krésoxym-méthyl, quinoxyfène.

✓ **N'a pas d'effet démontré pour 12 substances**, en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus.

9.2.5 Synthèse générale

Le Tableau 42 présente une synthèse générale des résultats de l'étude PestiRiv obtenus à partir des analyses descriptives pour les 40 substances recherchées dans l'air intérieur.

La zone viticole et la période principale de traitement des vignes présentent des fréquences de quantification plus élevées pour 9 substances, avec des effets :

- **Probables** et :

- **forts** pour 1 substance : spiroxamine ;
- **modérés** pour 1 substance : cymoxanil ;
- **faible** (zone) et fort (période) pour 1 substance : folpel ;
- **faibles** pour 3 substances : fluopyrame, trifloxystrobine, zoxamide ;
- **très faibles** pour 3 substances : diméthomorphe, tau-fluvalinate, quinoxyfène.

Pour 7 substances (pyriméthanil, cyperméthrine, tébuconazole, cyprodinil, difénoconazole, métalaxyl, étofenprox), **la zone viticole** présente des fréquences de quantification plus élevées avec un effet probable faible à très faible, mais sans effet démontré de la période principale de traitement des vignes.

Pour 3 substances (chlorpyriphos-méthyl, cyazofamide, propyzamide), **la période principale de traitement des vignes** présente des fréquences de quantification plus élevées avec un effet probable faible à très faible, mais sans effet démontré de la zone viticole.

Pour 3 substances (propyzamide, pendiméthaline et lambda-cyhalothrine), les effets de la zone en période de traitement et de la période en zone viticoles ne sont pas démontrés, en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus.

Pour 1 substance (esfenvalérate), l'effet de la zone n'est pas démontré (en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus) et l'effet de la période en zones viticoles n'est pas étudié (absence de quantification de la substance).

Pour 2 substances (cyfluthrine et triadiménol), l'effet de la période n'est pas démontré (en lien avec une impossibilité de conclure à partir des critères retenus) et l'effet de la zone en période de traitement n'est pas étudié (absence de quantification).

Pour les 15 substances restantes (fenhexamide, métrafénone, boscalid, deltaméthrine, flumioxazine, indoxacarbe, myclobutanil, acrinathrine, carbétamide, iprovalicarbe, mépanipyrime, napropamide, oryzalin, pyraclisotrobine, thiaméthoxame), les effets de la zone

en période de traitement et de la période en zone viticoles ne sont pas étudiés (absence de quantification).

En conclusion, il y a davantage de substances détectées/quantifiées :

- **En zones viticoles par rapport aux zones non viticoles en période de traitement ;**
- **En période de traitement par rapport à la période hors traitement en zones viticoles.**

Les effets de la zone viticole et de la période de traitement sont marqués pour la spiroxamine, le cymoxanil et le folpel.

Tableau 42 : Synthèse générale de la plausibilité et de la force des effets de la zone viticole et de la période principale de traitement des vignes sur la contamination des échantillons d'air intérieur. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Effet de la zone viticole en période de traitement des vignes	Effet de la période principale de traitement des vignes en zones viticoles
spiroxamine	118134-30-8	Probable / Fort	Probable / Fort
cymoxanil	57966-95-7	Probable / Modéré	Probable / Modéré
folpel	133-07-3	Probable / Faible	Probable / Fort
fluopyrame	658066-35-4	Probable / Faible	Probable / Faible
trifloxystrobine	141517-21-7	Probable / Faible	Probable / Faible
zoxamide	156052-68-5	Probable / Faible	Probable / Faible
pyriméthanil	53112-28-0	Probable / Faible	Non démontré
cyperméthrine	52315-07-8	Probable / Faible	Non démontré
tébuconazole	107534-96-3	Probable / Faible	Non démontré
cyprodinil	121552-61-2	Probable / Faible	Non démontré
dimétomorphe	110488-70-5	Probable / Très faible	Probable / Très faible
tau-fluvalinate	102851-06-9	Probable / Très faible	Probable / Très faible
quinoxifène	124495-18-7	Probable / Très faible	Probable / Très faible
difénoconazole	119446-68-3	Probable / Très faible	Non démontré
métalaxyl	70630-17-0	Probable / Très faible	Non démontré
étofenprox	80844-07-1	Probable / Très faible	Non démontré
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	Non démontré	Probable / Faible
cyazofamide	120116-88-3	Non démontré	Probable / Très faible
krésoxim-méthyl	143390-89-0	Non démontré	Probable / Très faible
propyzamide	23950-58-5	Non démontré	Non démontré
pendiméthaline	40487-42-1	Non démontré	Non démontré
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Non démontré	Non démontré
esfenvalérate	66230-04-4	Non démontré	NQ**
cyfluthrine	68359-37-5	NQ*	Non démontré
triadiménol	55219-65-3	NQ*	Non démontré
fenhexamide	126833-17-8	NQ*	NQ**
métrafénone	220899-03-6	NQ*	NQ**
boscalid	188425-85-6	NQ*	NQ**
deltaméthrine	52918-63-5	NQ*	NQ**
flumioxazine	103361-09-7	NQ*	NQ**
indoxacarbe	173584-44-6	NQ*	NQ**
myclobutanil	88671-89-0	NQ*	NQ**
acrinathrine	101007-06-1	NQ*	NQ**
carbétamide	16118-49-3	NQ*	NQ**
iprovalicarbe	140923-17-7	NQ*	NQ**
mépanipyrime	110235-47-7	NQ*	NQ**
napropamide	15299-99-7	NQ*	NQ**
oryzalin	19044-88-3	NQ*	NQ**
pyraclostrobine	175013-18-0	NQ*	NQ**
thiaméthoxame	153719-23-4	NQ*	NQ**

NQ* : absence de quantification en période de traitement quelle que soit la zone

NQ** : absence de quantification en zones viticoles quelle que soit la période

9.3 Mise en perspective avec la littérature

Les résultats du volet air intérieur de PestiRiv peuvent être comparés avec ceux de la littérature en France et à l'international.

9.3.1 Revue bibliographique

La revue bibliographique réalisée par R. Teyssere *et al.* en 2020¹⁵ souligne le fait que le nombre d'études réalisant des mesures environnementales et/ou biologiques dans le but de quantifier les niveaux d'exposition en pesticides et identifier les déterminants est limité, voire nul pour la matrice air intérieur¹⁶. Toutefois, d'après ces études, l'exposition aux pesticides semble être largement corrélée avec l'organisation spatiale et les activités agricoles du territoire. Ainsi, l'exposition de la population vivant à proximité des cultures semble être plus élevée que celle des personnes vivant éloignées de toutes cultures. L'exposition semble aussi être influencée par les saisons, avec une exposition plus élevée au moment des périodes de traitement. Les conclusions issues de la littérature sont par ailleurs cohérentes bien que les études aient été conduites dans différents pays et selon différents types de prélèvements environnementaux et biologiques.

Le volet air intérieur de PestiRiv illustre dans le cas de la viticulture les relations observées entre utilisation de PPP et contamination de l'air intérieur dans les logements des personnes vivant à proximité des vignes. Ces données de contamination dans l'air intérieur sont inédites en France et importantes pour mieux appréhender la contamination des environnements intérieurs (en complément des poussières) et les transferts avec l'air ambiant. Elles viennent, en complément des résultats de PestiRiv dans les autres matrices (poussières, air ambiant, urines), confirmer les résultats disponibles dans la littérature.

9.3.2 Étude néerlandaise sur l'exposition des riverains vivant à proximité des cultures de bulbes de fleurs (étude OBO)

L'étude OBO vise à évaluer la surexposition des riverains de cultures de bulbes de fleurs et de champs de fleurs dans différentes régions des Pays-Bas, notamment en étudiant l'effet de la période de traitement et l'effet de la distance et en évaluant les sources d'exposition^{17,18,19,20}.

¹⁵ Teyssere R, Manangama G, Baldi I, Carles C, Brochard P, Bedos C, et al. (2020) Assessment of residential exposures to agricultural pesticides: A scoping review. PLoS ONE 15(4): e0232258. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232258>

¹⁶ Une seule étude utilisée un protocole de prélèvement passif a été recensée pour la matrice air intérieur : <https://doi.org/10.1289/EHP425>.

¹⁷ Vermeulen, R.C.H., Gooijer, Y.M., Hoftijser, G.W., Lageschaar, L.C.C., Oerlemans, A., Scheepers, P.T.J., Kivits, C.M., Duyzer, J., Gerritsen-Ebben, M.G., Figueiredo, D.M., Huss, A., Krop, E.J.M., van den Berg, F., Holterman, H.J., Jacobs, C., Kruijne, R., Mol, J.G.J., Wenneker, M., Van de Zande, J.C., Sauer, P.J.J., 2019. Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands OBO flower bulbs.

¹⁸ Figueiredo DM, Krop EJM, Duyzer J, Gerritsen-Ebben RM, Gooijer YM, Holterman HJ, Huss A, Jacobs CMJ, Kivits CM, Kruijne R, Mol HJGJ, Oerlemans A, Sauer PJJ, Scheepers PTJ, van de Zande JC, van den Berg E, Wenneker M, Vermeulen RCH. Pesticide Exposure of Residents Living Close to Agricultural Fields in the Netherlands: Protocol for an Observational Study. JMIR Res Protoc. 2021 Apr 28;10(4):e27883. doi: 10.2196/27883. <https://doi.org/10.2196/27883>. [Pesticide Exposure of Residents Living Close to Agricultural Fields in the Netherlands: Protocol for an Observational Study - PubMed](https://doi.org/10.2196/27883)

¹⁹ Figueiredo, D.M., Vermeulen, R.C.H., Jacobs, C., Holterman, H.J., van de Zande, J.C., van den Berg, F., Gooijer, Y.M., Lageschaar, L., Buijtenhuijs, D., Krop, E., Huss, A., Duyzer, J., 2022. OBOMod - Integrated modelling framework for residents' exposure to pesticides. Science of The Total Environment 825, 153798. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153798>

²⁰ Van Den Berg, F., Jacobs, C.M.J., Butler Ellis, M.C., Spanoghe, P., Doan Ngoc, K., Fragkoulis, G., 2016. Modelling exposure of workers, residents and bystanders to vapour of plant protection products after application to crops. Science of The Total Environment 573, 1010–1020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.180>

Pour ce faire, des échantillons environnementaux et biologiques ont été collectés, ainsi que des données contextuelles.

Ainsi, les objectifs de cette étude rejoignent ceux de l'étude PestiRiv. Toutefois, les différences notables en termes de choix du protocole sont nombreuses :

- type de culture considérée (vignes *versus* cultures de bulbes de fleurs) ;
- période de terrain (octobre 2021 à septembre 2022 *versus* mai 2016 à décembre 2017) ;
- définition d'un « riverain » (foyer vivant à moins de 500 m d'une parcelle de vignes et à plus de 1 000 m de toutes autres cultures agricoles *versus* foyer vivant à moins de 250 m d'une parcelle de cultures de bulbes ou de fleurs) et d'un « non-riverain / contrôle » (foyer vivant à plus de 5 000 m d'une parcelle de vignes et à plus de 1 000 m de toutes autres cultures *versus* foyer vivant à plus de 500 m d'une parcelle de cultures de bulbes ou de fleurs et à moins de 20 km de zones riveraines et dans une zone non-urbaine) ;
- définition de la période de traitement (période principale de traitement des vignes entre mars et août *versus* une période spécifique de 7 jours après un épisode de traitement d'une parcelle englobant 2 événements d'application avec les molécules d'intérêt suivies) et de la période hors traitement (période hors période principale de traitement des vignes entre octobre et février *versus* une période spécifique de 2 jours sans traitement) ;
- accès aux données de pratiques agricoles (pas d'accès aux données de pratiques réelles *versus* données précises des pratiques des parcelles d'intérêt renseignées) ;
- liste de molécules recherchées dans l'air intérieur (40 *versus* environ 45, avec une dizaine de substances en commun) ;
- protocole de collecte des échantillons d'air intérieur :
 - o durée de prélèvement : 7 jours *versus* 24 h ;
 - o période de prélèvement : pendant la durée d'enquête du foyer en période de traitement et période hors traitement *versus* en période de traitement après un épisode d'application de PPP et en période hors traitement ;
 - o support de prélèvement : cartouche URG avec filtre + mousse PUF *versus* filtre + résine XAD-2 ;
 - o débit : 40 L/min *versus* 25 L/min ;
 - o pièce instrumentée en priorité : salon-séjour *versus* cuisine ;
 - o nombre d'échantillons en zones riveraines : 188 *versus* 24.

Les conclusions générales de l'étude OBO sont les suivantes :

- les concentrations environnementales sont plus élevées chez les riverains que chez les contrôles, aussi bien en période de traitement qu'en période hors traitement ;
- les concentrations environnementales mesurées à l'intérieur et à l'extérieur des maisons des professionnels agricoles sont généralement plus élevées que chez les riverains ;
- dans les conditions météorologiques de l'étude peu favorables à la dérive de pulvérisation, les sources d'exposition principales sont la volatilisation après pulvérisation et les transferts *via* les poussières intérieures.

Pour l'air intérieur, un effet de la période de traitement est mis en évidence, ce qui vient conforter une contamination à l'intérieur des logements plus élevée chez les personnes vivant à proximité des cultures en période de traitement. Cette conclusion est cohérente avec celle obtenue dans le cadre de PestiRiv.

9.4 Limites et incertitudes

Afin de pouvoir interpréter les conclusions du volet air intérieur de l'étude PestiRiv, il est indispensable d'identifier et d'analyser les limites et incertitudes associées à la campagne de mesures et qui peuvent impacter la réponse aux objectifs de l'étude. Cette partie, spécifique du volet air intérieur, est complémentaire de la partie 9 du Tome 0 qui présente les limites et incertitudes de l'étude PestiRiv en général.

9.4.1 Limites

9.4.1.1 Limites liées à l'échantillonnage

- *Période d'étude :*

Le suivi de la contamination de l'air intérieur au cours de l'ensemble de la période de traitement des vignes a pour objectif de limiter l'impact de conditions exceptionnelles ponctuelles pouvant influencer le traitement des vignes (conditions météorologiques, développement de maladies, etc.) et/ou le comportement des participants. Toutefois, la campagne de mesures s'est déroulée sur une seule année « agricole », entre octobre 2021 et septembre 2022, et n'illustre donc pas les variations inter-annuelles.

De plus, comme détaillé au paragraphe 2.2, l'année 2022 est à la fois l'année la plus chaude jamais enregistrée en France depuis le début du 20^{ème} siècle, en particulier à partir du mois de mai, et l'une des moins pluvieuses. Ainsi, les niveaux de contamination mesurés dans l'air intérieur, dépendants des conditions climatiques, des pressions parasites et des pratiques agricoles, sont donc spécifiques à la période d'étude.

- *Échantillonnage spatial*

6 régions viticoles en France métropolitaine ont été retenues à l'issue de la sélection des sites en zones viticoles (critères de sélection : zones de viticultures hors influence d'autres cultures). Cela permet de couvrir des zones viticoles majeures en France, bien que la couverture ne soit pas exhaustive de l'ensemble des zones viticoles françaises.

9.4.1.2 Limite liée au choix des substances recherchées

La sélection des substances prioritaires a été réalisée en 2018 sur la base des 126 substances autorisées en 2017 et des données de vente à l'échelle nationale des années 2015 et 2016 (cf. partie 4.6 du Tome 0). Ainsi, 6 substances actives sur les 58 priorisées (bêta-cyfluthine, chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène, mancozèbe, thiaméthoxame, triadiménol) n'étaient plus autorisées ni utilisées en viticulture au moment de la période d'étude (cf. Annexe 7 du Tome 0). Ces évolutions sont considérées grâce aux indicateurs spatialisés de niveau 2 et de niveau 3 qui intègrent les quantités de substances actives probablement utilisées pendant le terrain de l'étude, d'après les données de vente de PPP en 2022 (cf. 4.2.4 et 4.2.5).

À l'opposé, depuis la priorisation de 2018, il est possible que d'autres substances soient devenues prioritaires selon les critères retenus (évolution des quantités utilisées et des connaissances sur le danger et le comportement dans l'air intérieur).

D'autre part, parmi les 58 substances priorisées, la liste finale des substances analysées dans l'air intérieur repose sur les méthodes d'analyses existantes et sur les capacités analytiques du laboratoire retenu (cf. Annexe 8 du Tome 0 et Figure 1). Ainsi, pour l'air intérieur, 40 substances ont pu être analysées parmi les 58 substances de la liste prioritaire.

9.4.1.3 Limite liée à l'absence de modélisations statistiques

Les modélisations statistiques n'ont pas pu être réalisées pour l'air intérieur en raison des trop faibles fréquences de quantifications des substances (taux de censure trop élevés). En conséquence, les critères utilisés pour évaluer les « effets » de la zone viticole et de la période de traitement ainsi que pour identifier les facteurs de contamination sont basés sur des statistiques descriptives.

9.4.2 Incertitudes

9.4.2.1 Incertitudes liées aux modalités de prélèvement

Les échantillons d'air intérieur sont prélevés par les prestataires et manipulés par le laboratoire d'analyses, qui sont formés et qui disposent d'un protocole à respecter. Toutefois, les incertitudes associées aux modalités de prélèvement sont inhérentes au déploiement d'une telle campagne de mesures et portent plus particulièrement sur :

- le respect des protocoles de prélèvement et de conditionnement et de transport des échantillons (délai) ;
- la qualité de la collecte des métadonnées associées au prélèvement.

La qualité des échantillons d'air intérieur a été vérifiée après l'étape de prélèvement selon les critères présentés à l'Annexe 8 du Tome 0. Le bilan est détaillé en partie 3 et permet de qualifier l'échantillon comme exploitable ou invalide.

D'autre part, la capacité de rétention des substances sur les supports de prélèvement est variable selon les substances et peut conduire à une surestimation ou une sous-estimation des niveaux de contamination dans les échantillons d'air intérieur (cf. Tableau 2 au paragraphe 2.3.2). Plus particulièrement, les valeurs de concentration fournies pour le fenhexamide, la flumioxazine et le napropamide sont indicatives et les résultats associés à ces substances sont donc à utiliser avec prudence.

9.4.2.2 Incertitudes liées aux méthodes analytiques

Les méthodes d'analyse proposées par le laboratoire ont été expertisées par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)/Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) au moment de la sélection du laboratoire. La qualité des échantillons d'air intérieur à l'étape d'analyse a été vérifiée selon les critères de validation présentés à l'Annexe 8 du Tome 0. Le bilan est détaillé en partie 3 et permet de distinguer les résultats d'analyse conformes ou invalides.

Les limites de détection et de quantification ne sont pas identiques pour toutes les substances. Ces variations ont un impact sur les concentrations minimales mesurées, sur les concentrations moyennes calculées ainsi que sur les fréquences de détection et de quantification. Ainsi, si une substance n'est pas détectée dans un échantillon d'air intérieur, cela ne signifie pas nécessairement qu'elle en est absente : elle peut être présente à une concentration inférieure aux limites analytiques.

D'autre part, les incertitudes associées aux méthodes d'analyse sont inhérentes aux dosages des échantillons et portent plus particulièrement sur :

- la valeur de l'incertitude affectée à chaque résultat d'analyse, estimée à partir des contrôles de qualité réalisés par le laboratoire. Ces incertitudes peuvent conduire à une surestimation ou une sous-estimation des niveaux de contamination dans les échantillons d'air intérieur (cf. Tableau 2 au 2.3.2 et 6.2.3 du Tome 0). Plus particulièrement, les valeurs de concentration fournies pour le cymoxanil sont

indicatives et les résultats associés à cette substance sont donc à utiliser avec prudence ;

- la qualité de la collecte de certaines métadonnées associées à l'analyse.

9.4.2.3 Incertitudes liées aux facteurs explicatifs de la contamination de l'air intérieur

Pour le volet air intérieur, seuls les indicateurs spatialisés sont étudiés. Les incertitudes relatives associées sont liées à **l'absence d'informations concernant la réalisation effective de traitements sur les parcelles localisées autour des foyers lors de la période d'enquête** (localisation, date, quantité et produit appliqué, etc.) (cf. 9.3.2 du Tome 0). Il s'agit d'une **source majeure d'incertitudes** pour répondre aux objectifs de l'étude ; plusieurs indicateurs spatialisés liés aux pratiques agricoles ont dû être construits en se basant sur des hypothèses et des combinaisons de données qui peuvent être entachées d'incertitudes : complétude et actualisation des données géographiques d'occupation du sol, incertitudes liées à l'échelle géographique disponible, temporalité des applications, etc. Cette non mise à disposition des données de traitement limite les capacités de l'étude à mettre en évidence un effet des traitements sur la contamination.

9.4.2.4 Incertitudes liées aux choix méthodologiques

Pour rappel, le scénario de gestion retenu pour attribuer une concentration aux substances non détectées est le scénario dit « **UB_Machine** » (cf. 2.4.1) :

- si la substance est non détectée, utilisation de la valeur LD ;
- si la concentration est comprise entre la LD et la LQ, utilisation de la valeur indicative fournie par le laboratoire (valeur machine).

Les différentes statistiques relatives aux concentrations obtenues après application du scénario de gestion reflètent donc des valeurs qui peuvent maximiser les concentrations.

La prise en compte des pondérations permet d'améliorer l'extrapolation possible des résultats à la population cible de l'étude et de ne pas restreindre à l'échantillon étudié. Toutefois, les effectifs étant relativement limités, les analyses descriptives présentées sont celles correspondant aux échantillons, sans prise en compte de la pondération.

La fréquence de détection présente une incertitude du fait des faibles effectifs : quelques logements en plus ou en moins entraînent une variation de quelques p%. À titre d'exemple, en zones non viticoles, la détection d'une substance dans un logement supplémentaire augmente la fréquence de détection de cette substance de 2,3 p%.

9.4.3 Synthèse

Les paragraphes précédents permettent d'avoir une vision globale des limites et incertitudes associées au volet air intérieur de l'étude PestiRiv. Il convient toutefois de noter que, même si les niveaux des incertitudes ne sont pas quantifiables dans la majorité des cas, certaines semblent plus impactantes que d'autres, principalement l'absence de données sur les calendriers de traitement et les faibles fréquences de quantification des substances recherchées.

9.5 Perspectives

Ce rapport constitue une première exploitation des données du volet air intérieur pour répondre aux objectifs de l'étude PestiRiv. Considérant les limites et incertitudes décrites ci-dessus, les données et analyses ont permis de répondre aux objectifs du volet air intérieur de PestiRiv suivants :

- déterminer si les contaminations de l'air intérieur en zones viticoles sont plus élevées qu'en zones non viticoles ;
- décrire la variation de la contamination de l'air intérieur en zones viticoles entre la période de traitement des vignes et la période hors traitement ;
- et dans une moindre mesure, identifier les facteurs associés à la contamination de l'air ambiant en zones viticoles, en lien avec la présence de ces cultures.

Les résultats permettent d'ores et déjà d'identifier des actions à mettre en œuvre.

Par rapport aux objectifs de l'étude, il serait également possible de :

- mettre en perspective les niveaux de concentration observés avec d'autres informations, telles que les caractéristiques physico-chimiques des molécules ;
- exploiter plus finement les indicateurs spatialisés de niveau 3, notamment pour conclure sur la plus-value de ces indicateurs par rapport au niveau 2 ;
- tester des modèles de régression logistique basés sur la présence/absence des substances pour déterminer les effets de la zone viticole et de la période de traitement.

À noter que l'accès aux données réelles de pratiques agricoles (calendrier d'application) est crucial et nécessaire pour affiner de façon utile les exploitations réalisées dans cette étude.

Il est également prévu de mettre en perspective les résultats de l'air intérieur avec ceux des autres matrices environnementales et biologiques.

Une première interprétation sanitaire des résultats pourrait également être réalisée, par exemple sur le modèle du travail réalisé à la suite de la CNEP²¹ en l'adaptant à la matrice air intérieur.

Il serait pertinent, dans le cadre de futurs travaux, d'évaluer l'intérêt d'analyser les substances prioritaires dans le cadre de PestiRiv mais qui n'ont pas pu être recherchées dans l'air intérieur. Par ailleurs, une étude des transferts extérieur-intérieur et poussières-air intérieur pourrait être envisagée.

Enfin, comme la comparaison avec d'autres données de la littérature étudiant des objectifs similaires à PestiRiv dans l'air intérieur semble limitée, les données de contamination pourront être comparées à celles de la Campagne Nationale Logements 2 (CNL2) réalisée entre 2020 et 2023 au niveau du parc de résidences principales en France hexagonale lorsqu'elles seront disponibles²².

²¹ [RAPPORT AST de l'Anses relatif aux premières interprétations des résultats de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides \(CNEP\) dans l'air ambiant](#)

²² [Campagne nationale Logements 2](#)

10 LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Compositions des groupes d'experts mobilisés par l'Anses dans le cadre du volet poussières

Annexe 2 : Fonctions, statuts réglementaires européens et usages en France des substances d'intérêt pour l'air intérieur

Annexe 3 : Propriétés physico-chimiques des substances recherchées dans l'air intérieur

Annexe 4 : Bilan de la collecte des échantillons d'air intérieur

Annexe 5 : Métadonnées associées à la collecte des échantillons d'air intérieur – Distribution des variables continues

Annexe 6 : Répartition temporelle des prélèvements d'air intérieur

Annexe 7 : Répartition temporelle par région des prélèvements d'air intérieur

Annexe 8 : Mesures de température et humidité relative associées aux prélèvements d'air intérieur

Annexe 9 : Environnement culturel des foyers concernés par le volet air intérieur

1.1 Distance à la parcelle viticole la plus proche

1.2 Indicateurs spatialisés de niveau 1 (surface de vignes exprimée en ha)

Annexe 10 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 2 - Distribution

Annexe 11 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 2 - Distribution temporelle

Annexe 12 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 3 - Distribution

Annexe 13 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 3 - Distribution temporelle

Annexe 14 : Comparaison des indicateurs spatialisés de niveau 2 et niveau 3 - Bilan

Annexe 15 : Résultats de contamination après application des poids de sondage

Annexe 16 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution des concentrations

Annexe 17 : Zones viticoles en période de traitement - Variabilité des limites de détection et de quantification

Annexe 18 : Zones viticoles en période de traitement - Classement des fréquences de détection

Annexe 19 : Zones viticoles en période de traitement - Distributions des concentrations par substance

Annexe 20 : Zones viticoles en période de traitement - Superposition des concentrations et des indicateurs spatialisés de niveau 2 dans un cercle de rayon 1000 m

Annexe 21 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance

Annexe 22 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution des concentrations

Annexe 23 : Zones non viticoles en période de traitement - Variabilité des limites de détection et de quantification

Annexe 24 : Zones non viticoles en période de traitement - Classement des fréquences de détection

Annexe 25 : Zones non viticoles en période de traitement - Distributions des concentrations par substance

Annexe 26 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance

Annexe 27 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution des concentrations

Annexe 28 : Zones viticoles en période hors traitement - Variabilité des limites de détection et de quantification

Annexe 29 : Zones viticoles en période hors traitement - Classement des fréquences de détection

Annexe 30 : Zones viticoles en période hors traitement - Distributions des concentrations par substance

Annexe 31 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance

Annexe 32 : Comparaison graphique des distributions des concentrations en période de traitement en zones viticoles et non viticoles

Annexe 33 : Comparaison graphique des distributions des concentrations en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement

RESUME

PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non viticoles

Tome 1c : Résultats des contaminations environnementales - Air intérieur

Santé publique France et l'Anses réalisent l'étude PestiRiv qui vise à décrire la contamination des milieux et l'imprégnation des personnes vivant en zones viticoles (près de vignes) par les pesticides utilisés sur ces cultures. Cette étude a pour objectifs de déterminer si les niveaux mesurés sont plus élevés que ceux observés chez les personnes vivant en zones non viticoles (loin de toute culture), identifier les facteurs associés aux niveaux de pesticides et décrire la variation des niveaux de pesticides entre les périodes de traitement et hors traitement des vignes. Cette étude est inédite par le nombre et la diversité des échantillons collectés conjointement : air ambiant, air intérieur, poussières déposées au sol, urines, cheveux, fruits et légumes du jardin.

Le Tome 1c présente les contaminations en 40 pesticides de 311 échantillons d'air intérieur collectés entre octobre 2021 et septembre 2022 au domicile des participants. Davantage de substances sont détectées/quantifiées dans l'air intérieur en période de traitement en zones viticoles par rapport aux zones non viticoles, ainsi qu'en zones viticoles en période de traitement par rapport à la période hors traitement. Les effets de la zone viticole et de la période de traitement sont marqués pour la spiroxamine, le cymoxanil et le folpel.

Au-delà des conclusions spécifiques à l'air intérieur, la conclusion générale de PestiRiv tient compte de l'ensemble des résultats d'imprégnation et de contaminations environnementales. Cette conclusion est présentée dans la synthèse associée au rapport de l'étude et dans l'Avis conjoint de Santé publique France et de l'Anses incluant les conclusions et les recommandations de leurs collectifs d'experts sur les résultats de cette étude.

MOTS CLÉS : PESTICIDES, VITICULTURE, BIOSURVEILLANCE, CONTAMINATION, EXPOSITION, ENVIRONNEMENT, AIR INTERIEUR

Citation suggérée : Brugioni M, Gonnard L, Lecomte L, Réty J, Brandicourt T, *et al.* PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non viticoles. Tome 1c : Résultats des contaminations environnementales – Air intérieur. Maisons-Alfort : Anses, 2025. 369 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.anses.fr/fr>

SUMMARY

PestiRiv: Study of pesticide exposure in residents of wine-growing and non-growing areas

Volume 1c: Results relating to environmental contamination - Indoor air

Santé publique France and Anses are conducting the PestiRiv study, which aims to describe environmental contamination and impregnation of people living in wine-growing areas (near vineyards) by pesticides used on these crops. The objectives of this study are to determine whether the levels measured are higher than those observed in people living in non-vine-growing areas (far from any crops), to identify the factors associated with pesticide levels, and to describe the variation in pesticide levels between periods when the vines are treated and when they are not. This study is unprecedented in terms of the number and diversity of samples collected: ambient air, indoor air, soil dust, urine, hair, garden fruit and vegetables.

Volume 1c presents the contaminations of 40 substances in 311 indoor air samples collected between October 2021 and September 2022 in participating households. More substances are detected/quantified in indoor air during the treatment period in wine-growing areas compared to non-wine-growing areas, as well as in wine-growing areas during the treatment period compared to the non-treatment period. The effects of the wine-growing area and the treatment period are particularly important for spiromaxine, cymoxanil and folpel.

Beyond the specific conclusions regarding indoor air, the overall conclusion of PestiRiv takes into account all the results of impregnation and environmental contamination. The executive report associated with the present report, jointly produced by Santé publique France and Anses, includes the overall conclusions and recommendations of their expert groups on the results of this study.

KEYWORDS: PESTICIDES, VITICULTURE, BIOMONITORING, CONTAMINATION, EXPOSURE, ENVIRONMENT, INDOOR AIR

Santé publique France et l'Anses remercient toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de PestiRiv et, en particulier, les participants de l'étude.

L'étude PestiRiv est réalisée avec le soutien financier de l'Office français de la biodiversité (OFB) dans le cadre du plan Ecophyto 2+.



LES PARTENAIRES DE L'ÉTUDE



AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
anses.fr



Santé publique France

12, rue du Val d'Osne 94415 Saint-Maurice Cedex
santepubliquefrance.fr