

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 ambiant



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

Tome 1a : Résultats des contaminations environnementales - Air ambiant



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

Équipe projet

Anses, direction de l'évaluation des risques : Romain Boissonnot, Fabrizio Botta, Titouan Brandicourt, Maïté Brugioni, Laurine Gonnard, Adrien Jean, Laurie Lecomte, Manon Longvixay, Lynda Saibi-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

Le LCSQA/Ineris (Fabrice Marlière, Laurent Létinois, Caroline Marchand) et AtmoFrance/AASQA (Atmo Grand Est, AtmoSud, Atmo Nouvelle-Aquitaine, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, Atmo Occitanie, Atmo Bourgogne-Franche-Comté) ont contribué à la réalisation de la campagne de mesures dans l'air ambiant de PestiRiv et ont 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 ambiant de l'étude PestiRiv. Nous remercions plus particulièrement les partenaires 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 1a décrit la contamination de l'air ambiant.

Sommaire

0	Préambule.....	17
1	Rappel du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte »	18
2	Contexte.....	19
2.1	Statuts et usages des substances d'intérêt pour l'air ambiant	19
2.2	Spécificités du contexte agricole en 2022.....	19
2.3	Spécificités de la matrice air ambiant	19
2.3.1	Protocole de validation des échantillons.....	19
2.3.2	Analyses chimiques	20
2.3.3	Efficacité de piégeage	21
2.3.4	Spécificités de certains sites de prélèvements	21
2.4	Choix méthodologiques.....	22
2.4.1	Analyses quantitatives des données de contamination.....	22
2.4.2	Modèles statistiques.....	22
2.4.3	Représentation graphique	23
3	Description des sites de prélèvements d'air ambiant et de leur environnement....	23
3.1	Caractéristiques générales des sites	23
3.1.1	Localisation des sites et stratégie d'échantillonnage	23
3.1.2	Hauteur de prélèvement.....	23
3.1.3	Densité de population autour des sites.....	23
3.1.4	Spécificités précisées par les AASQA	27
3.2	Données météorologiques des sites.....	27
3.3	Environnement culturel des sites.....	29
3.3.1	Méthode de construction des indicateurs associés à l'environnement culturel	29
3.3.2	Occupation du sol	30
3.3.3	Distance à la parcelle viticole la plus proche	31
3.3.4	Surface de la parcelle viticole la plus proche.....	31
3.3.5	Indicateurs spatialisés de niveau 1	31
3.3.6	Indicateurs spatialisés de niveau 2.....	32
3.3.7	Indicateurs spatialisés de niveau 3.....	38
3.3.8	Densité des cultures autres que la vigne	38
3.3.9	Indicateur « soufre »	39
3.3.10	Part de surface de vignes et d'exploitations viticoles conduites en agriculture biologique.....	39
3.3.11	Type de matériel de pulvérisation.....	40
3.4	Bilan des variables disponibles pour décrire les sites de prélèvements d'air ambiant	40
4	Contamination de l'air ambiant	42
4.1	Contamination en zones viticoles en période de traitement.....	42
4.1.1	Rappel du protocole d'échantillonnage.....	42
4.1.2	Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant	42
4.1.3	Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant	43

4.2	Contamination en zones non viticoles en période de traitement	74
4.2.1	Rappel du protocole d'échantillonnage.....	74
4.2.2	Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant	75
4.2.3	Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant	76
4.3	Contamination en zones viticoles en période hors traitement.....	98
4.3.1	Rappel du protocole d'échantillonnage.....	98
4.3.2	Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant	98
4.3.3	Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant	99
5	Comparaison de la contamination de l'air ambiant en zones viticoles et en zones non viticoles	124
5.1	Analyses descriptives.....	124
5.1.1	Comparaison de fréquences de détection et de quantification.....	124
5.1.2	Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max}).....	129
5.1.3	Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus.....	133
5.1.4	Comparaison des distributions temporelles tous sites confondus	138
5.1.5	Synthèse : caractérisation de l'effet de la zone viticole	143
5.2	Modèle de régression bayésienne.....	147
5.3	Autres modèles	148
6	Identification des facteurs associés aux niveaux de contamination de l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement.....	149
6.1	Analyses descriptives.....	149
6.2	Modèle de régression bayésienne.....	149
7	Comparaison de la contamination de l'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement ou hors traitement).....	151
7.1	Analyses descriptives.....	151
7.1.1	Comparaison de fréquences de détection et de quantification.....	151
7.1.2	Comparaison des concentrations (P50, P95 et C_{max}).....	157
7.1.3	Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus.....	161
7.1.4	Comparaison des distributions des concentrations par site	166
7.1.5	Synthèse : caractérisation de l'effet de la période (traitement des vignes ou hors traitement).....	171
7.2	Modèle de régression bayésien.....	175
7.3	Autres modèles	176
8	Discussion.....	177
8.1	Ce que le protocole a permis de faire	177
8.2	Résultats principaux.....	177
8.2.1	Contamination de l'air ambiant.....	177
8.2.2	Comparaison de la contamination de l'air ambiant en période de traitement selon la zone (viticole ou non).....	179
8.2.3	Identification des facteurs associés aux contaminations de l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement.....	180
8.2.4	Comparaison de la contamination de l'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement des vignes ou hors traitement).....	180
8.2.5	Synthèse générale	181

8.3	Mise en perspective avec la littérature	183
8.3.1	Revue bibliographique.....	183
8.3.2	Étude néerlandaise sur l'exposition des riverains vivant à proximité des cultures de bulbes de fleurs (étude OBO)	183
8.3.3	Comparaison avec les données françaises	184
8.3.4	Perspectives	189
8.4	Limites et incertitudes.....	189
8.4.1	Limites	189
8.4.2	Incertitudes	190
8.4.3	Synthèse	192
8.5	Perspectives	193
9	Liste des Annexes	194
	Résumé	197
	Summary.....	198

Liste des tableaux

Tableau 1 : Parties du Tome 0 « Matériels, méthodes et bilan de la collecte » en lien avec le volet air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	18
Tableau 2 : Caractéristiques des 23 sites instrumentés en air ambiant vis-à-vis de la stratégie d'échantillonnage. PestiRiv, France, 2021-2022.	24
Tableau 3 : Répartition des sites PestiRiv instrumentés en air ambiant selon la densité de population. PestiRiv, France, 2021-2022.	27
Tableau 4 : Bilan des données météorologiques fournies par Météo France et des indicateurs construits pour le volet air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	28
Tableau 5 : Distances minimales, maximales et médianes entre les sites de prélèvement d'air ambiant et la parcelle viticole la plus proche. PestiRiv, France, 2021-2022.	31
Tableau 6 : Estimation des utilisations probables des 39 substances (indicateurs spatialisés de niveau 2) et cohérence par rapport aux approbations des substances actives phytopharmaceutiques au niveau européen. PestiRiv, France, 2021-2022.	36
Tableau 7 : Parts minimale, maximale et médiane de surface de vignes et d'exploitations conduites en agriculture biologique à l'échelle des codes postaux des sites de prélèvements d'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	40
Tableau 8 : Variables du volet air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	40
Tableau 9 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et concentrations (ng/m ³) des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	44
Tableau 10 : Classement des 30 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale parmi les 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	48
Tableau 11 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement (7 ou 16 sites instrumentés selon les substances). PestiRiv, France, 2021-2022.	49
Tableau 12 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement par site en fonction de la part d'agriculture biologique parmi les substances avec FD _{globale} (tous sites confondus) > 20 %. PestiRiv, France, 2021-2022.	55
Tableau 13 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et concentrations (ng/m ³) des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	77
Tableau 14 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale parmi les 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	81
Tableau 15 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones non viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement (7 sites instrumentés). PestiRiv, France, 2021-2022.	82
Tableau 16 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et paramètres de distribution des concentrations (ng/m ³) des 38 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	100
Tableau 17 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale, parmi les 38 substances analysées dans l'air tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	104

Tableau 18 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance sur l'ensemble de la période hors traitement (7 sites instrumentés). PestiRiv, France, 2021-2022.....	104
Tableau 19 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	126
Tableau 20 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	127
Tableau 21 : Comparaison des médianes des concentrations (P50 en ng/m ³) dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD ≥ 50 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.....	131
Tableau 22 : Comparaison des 95 ^{ème} centiles des concentrations (P95 en ng/m ³) dans l'air ambiant 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. ...	131
Tableau 23 : Comparaison des concentrations maximales (C _{max} en ng/m ³) dans l'air ambiant 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.....	132
Tableau 24 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	143
Tableau 25 : Effet de la zone viticole sur la contamination de l'air ambiant en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	145
Tableau 26 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	154
Tableau 27 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	155
Tableau 28 : Comparaison des médianes des concentrations (P50 en ng/m ³) dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD ≥ 50 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.	159
Tableau 29 : Comparaison des 95 ^{ème} centiles des concentrations (P95 en ng/m ³) dans l'air ambiant 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.	159
Tableau 30 : Comparaison des concentrations maximales (C _{max} en ng/m ³) dans l'air ambiant 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.	160
Tableau 31 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la période de traitement sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	171
Tableau 32 : Effet de la période principale de traitement des vignes sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.....	173
Tableau 33 : Contamination de l'air ambiant pour les sites en zones viticoles en période de traitement, les sites en zones non viticoles en période de traitement et les sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	179
Tableau 34 : Plausibilité et force des effets de la zone viticole et de la période principale de traitement des vignes sur la contamination de l'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	182
Tableau 35 : Comparaison des données de contamination dans l'air ambiant de PestiRiv (zones viticoles en période de traitement) avec la surveillance pérenne (4 sites « viticulture » entre le 07/03/2022 et le 19/07/2022. PestiRiv, France, 2021-2022.....	187
Tableau 36 : Comparaison des données de contamination dans l'air ambiant de PestiRiv (zones viticoles en période hors traitement) avec la surveillance pérenne (4 sites « viticulture » entre le 11/10/2021 et le 15/02/2022. PestiRiv, France, 2021-2022.....	188

Liste des figures

Figure 1 : Bilan des substances analysées dans l'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	20
Figure 2 : Localisation des 23 sites instrumentés en air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	26
Figure 3 : Occupation du sol autour du site de Champillon (rayon 1000 m) instrumenté en air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.	30
Figure 4 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des 16 sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.	32
Figure 5 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	43
Figure 6 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	46
Figure 7 : Fréquences de détection et de quantification globales des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	47
Figure 8 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 6 substances détectées avec une $C_{\max} > 10$ ng/m ³ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	50
Figure 9 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 6 substances détectées avec une $1,25 \text{ ng/m}^3 < C_{\max} < 10 \text{ ng/m}^3$ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	50
Figure 10 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 21 substances détectées avec une $C_{\max} < 1,25 \text{ ng/m}^3$ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	51
Figure 11 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 11 substances avec $FD > 20 \%$ dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	54
Figure 12 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour 11 substances avec $FD > 20 \%$ dans l'air ambiant sur les sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	58
Figure 13 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	59
Figure 14 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	60
Figure 15 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	60
Figure 16 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du folpel par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	61
Figure 17 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	61
Figure 18 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	62
Figure 19 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du fluopyrame par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	62

Figure 20 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du zoxamide par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	63
Figure 21 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la trifloxystrobine par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	63
Figure 22 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la spiroxamine par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	64
Figure 23 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	66
Figure 24 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	67
Figure 25 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du cuivre en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	69
Figure 26 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du soufre en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	70
Figure 27 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du glyphosate en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	70
Figure 28 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du folpel en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	71
Figure 29 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du fosétyl-aluminium en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	71
Figure 30 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la pendiméthaline en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	72
Figure 31 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du fluopyrame en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	72
Figure 32 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du zoxamide en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	73
Figure 33 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la trifloxystrobine en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	73
Figure 34 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la spiroxamine en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	74
Figure 35 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	75
Figure 36 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	79
Figure 37 : Fréquences de détection et de quantification globales des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	80

Figure 38 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 4 substances détectées avec une C _{max} > 1 ng/m ³ tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.....	83
Figure 39 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 20 substances détectées avec une C _{max} < 1 ng/m ³ tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.....	83
Figure 40 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 6 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	87
Figure 41 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour 6 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant sur les sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	88
Figure 42 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	89
Figure 43 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	90
Figure 44 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	90
Figure 45 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	91
Figure 46 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) du folpel par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	91
Figure 47 : Concentrations dans l'air (ng/m ³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	92
Figure 48 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones non viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	93
Figure 49 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones non viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	93
Figure 50 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du cuivre pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	95
Figure 51 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du soufre pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	95
Figure 52 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du glyphosate pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	96
Figure 53 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du fosétyl-aluminium pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	96
Figure 54 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du folpel pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	97
Figure 55 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la pendiméthaline pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	97
Figure 56 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	99
Figure 57 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m ³) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	102

Figure 58 : Fréquences de détection et de quantification globales des 38 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	103
Figure 59 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 4 substances avec une FQ _{globale} > 20 % tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	105
Figure 60 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) des 8 substances avec une FQ _{globale} < 20 % tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.	106
Figure 61 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 12 substances détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	110
Figure 62 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour les 12 substances détectées dans l'air ambiant sur les sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	111
Figure 63 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	112
Figure 64 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	113
Figure 65 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	113
Figure 66 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du propyzamide par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	114
Figure 67 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	114
Figure 68 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du folpel par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	115
Figure 69 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	115
Figure 70 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du chlorpyrifos-méthyl par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	116
Figure 71 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la deltaméthrine par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	116
Figure 72 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période hors traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	117
Figure 73 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période hors traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.	118
Figure 74 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du cuivre en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	119
Figure 75 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du soufre en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	119
Figure 76 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la pendiméthaline en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	120
Figure 77 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du propyzamide en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	120

Figure 78 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du folpel en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	121
Figure 79 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du fosétyl-aluminium en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	121
Figure 80 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du glyphosate en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022. ...	122
Figure 81 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) de la deltaméthrine en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	122
Figure 82 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) du chlorpyrifos-méthyl en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.....	123
Figure 83 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.....	128
Figure 84 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.....	128
Figure 85 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en cuivre en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	133
Figure 86 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en soufre en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	134
Figure 87 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en fosétyl-aluminium en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	134
Figure 88 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en folpel en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	135
Figure 89 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en pendiméthaline en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	135
Figure 90 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en glyphosate en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	136
Figure 91 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en cymoxanil en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	136
Figure 92 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en fluopyrame en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	137
Figure 93 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en spiroxamine en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	137
Figure 94 : Comparaison des distributions temporelles du cuivre dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	138
Figure 95 : Comparaison des distributions temporelles du soufre dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	139
Figure 96 : Comparaison des distributions temporelles du fosétyl-aluminium dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	139
Figure 97 : Comparaison des distributions temporelles du folpel dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.....	140

Figure 98 : Comparaison des distributions temporelles du cymoxanil dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	140
Figure 99 : Comparaison des distributions temporelles du fluopyrame dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	141
Figure 100 : Comparaison des distributions temporelles de la spiroxamine dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	141
Figure 101 : Comparaison des distributions temporelles de la pendiméthaline dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	142
Figure 102 : Comparaison des distributions temporelles du glyphosate dans l'air ambiant (ng/m ³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.	142
Figure 103 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement (bleu) ou hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	156
Figure 104 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement (bleu) ou hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.	156
Figure 105 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en cuivre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	161
Figure 106 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en soufre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	162
Figure 107 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en fosétyl-aluminium en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	162
Figure 108 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en folpel en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	163
Figure 109 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en pendiméthaline en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	163
Figure 110 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en propyzamide en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	164
Figure 111 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en glyphosate en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	164
Figure 112 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en deltaméthrine en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	165
Figure 113 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en chlorpyriphos-méthyl en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	165
Figure 114 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en cuivre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	166
Figure 115 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en pendiméthaline en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	167
Figure 116 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en soufre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	167

Figure 117 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en propyzamide en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	168
Figure 118 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en fosétyl-aluminium en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	168
Figure 119 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en folpel en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	169
Figure 120 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en glyphosate en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	169
Figure 121 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en deltaméthrine en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	170
Figure 122 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m ³) en chlorpyrifos-méthyl en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.	170

Abréviations

AASQA	Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air
AB	Agriculture biologique
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
ARA	Auvergne-Rhône-Alpes
BFC	Bourgogne-Franche-Comté
BNVD	Banque nationale des ventes de produits phytopharmaceutiques par les distributeurs agréés
Citepa	Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique
CNEP	Campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air ambiant
CPF Agro	Solution développée par le service AGRO de Météo France pour modéliser spatialement des données météorologiques quotidiennes
CVI	Casier viticole informatisé
FD	Fréquence de détection (%)
FD _{globale}	Fréquence de détection sur les sites viticoles / sites non viticoles tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement / période hors traitement
FQ	Fréquence de quantification (%)
FQ _{globale}	Fréquence de quantification les sites viticoles / sites non viticoles tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement / période hors traitement
GE	Grand Est
GT	Groupe de travail
IFT	Indicateur de fréquence de traitement
INRAE	Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement
LCSQA	Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
LD	Limite de détection
LQ	Limite de quantification
NA	Nouvelle-Aquitaine
ODR	Observatoire du développement rural
p%	Points de pourcentage
P1	Prélèvement des substances semi-volatiles
P3	Prélèvement des substances minérales (cuivre et soufre)
P4	Prélèvement des substances polaires (fosétyl-aluminium et glyphosate)
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur
PPP	Produit phytopharmaceutique
RPG	Registre parcellaire graphique
SA	Substance active
SpFrance	Santé publique France
UTAC	Union technique de l'automobile, du motocycle et du cycle (organisme technique central du contrôle technique des véhicules en France)

Glossaire

Air ambiant	Air extérieur, qui se distingue de l'air intérieur associé aux environnements intérieurs comme les logements par exemple.
Période de traitement	Période du 28 février 2022 au 6 septembre 2022 en zones viticoles et période du 28 février 2022 au 20 septembre 2022 en zones non viticoles.
Période hors traitement	Période du 11 octobre 2021 au 22 février 2022 en zones viticoles.
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 1a décrit la contamination de l'air ambiant par les pesticides pour répondre aux objectifs suivants :

- déterminer si les contaminations de l'air ambiant en zones viticoles sont plus élevées qu'en zones non viticoles ;
- identifier les facteurs associés à la contamination de l'air ambiant en zones viticoles, en lien avec la présence de ces cultures ;
- étudier l'effet de la distance entre les préleveurs d'air ambiant et les parcelles de vigne sur la contamination de l'air ambiant ;
- décrire la variation de la contamination de l'air ambiant 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 ambiant ;
- 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 ambiant) et rappelle quelques choix méthodologiques ;
- la 3^{ème} partie **décrit les sites** sur lesquels les prélèvements d'air ambiant ont été réalisés (caractéristiques générales des sites, données météorologiques et environnement culturel) ;
- la 4^{ème} partie présente le **bilan de la collecte des échantillons d'air ambiant** et la **contamination de l'air ambiant** 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.
- les 5^{ème}, 6^{ème} et 7^{ème} parties ont pour objectif d'apporter des **éléments de réponses aux objectifs** de l'étude listés ci-dessus, *via* principalement des analyses descriptives. Sauf cas particuliers, ces analyses sont réalisées en considérant chaque {zone ; période} globalement ;
- la 8^{ème} partie propose une **discussion** sur les points suivants :
 - o résultats principaux ;
 - o limites et incertitudes de l'étude ;
 - o mise en perspective avec la littérature ;
 - 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 ambiant.

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

Tome 0	Sujet présenté
3.1 Intervenants de l'étude	Partenaires et prestataires qui ont participé au volet air ambiant
3.2 Comitologie	Groupes d'experts qui ont participé à l'élaboration du protocole et à l'exploitation des résultats pour le volet air ambiant
4.4.2 Taille de l'échantillon	Taille de l'échantillon prévu pour les mesures d'air ambiant
4.4.4.1 Échantillonnage pour les mesures d'air ambiant	Stratégie d'échantillonnage pour les mesures d'air ambiant
4.5.4.1 Prélèvements des échantillons d'air ambiant	Sites de prélèvement, 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
5.2.2.4 Recueil des échantillons d'air ambiant	Bilan de la collecte des échantillons d'air ambiant
6.2.1 Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons d'air ambiant	/
7.2.2.4 Analyses statistiques réalisées pour les mesures d'air ambiant	/
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	Paramètres contextuels liés à l'environnement des préleveurs d'air ambiant
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 2 : Méthode mise en œuvre pour cartographier les zones éligibles pour l'implantation des préleveurs d'air ambiant des sites en zones viticoles	/
Annexe 3 : Caractéristiques du matériel de prélèvement dans les matrices environnementales	Caractéristiques du matériel de prélèvement utilisé pour l'air ambiant
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 l'air ambiant
Annexe 8 : Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons environnementaux	Méthodes de traitement et d'analyse des échantillons d'air ambiant
Annexe 16 : Construction des indicateurs de contexte agricole	/

2 CONTEXTE

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

L'Annexe 2 présente le détail des statuts et usages autorisés des 39 substances analysées dans l'air ambiant (PPP, biocides et médicaments vétérinaires).

Parmi les 39 substances analysées dans l'air ambiant, 23 substances ont une fonction fongicide, 10 une fonction insecticide et 6 une fonction herbicide.

Cinq substances sont interdites en tant que produit phytopharmaceutique (PPP) avec une date de fin d'utilisation antérieure au début de la campagne de terrain (11/10/2021) : bêta-cyfluthine, chlorpyrifos-méthyl, quinoxifène, thiaméthoxame et triadiménol.

Parmi les substances autorisées en tant que PPP :

- 1 substance (iprovalicarbe) est spécifique 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 la situation météorologique en 2022 est différente². 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 ambiant

2.3.1 Protocole de validation des échantillons

Comme détaillé à l'Annexe 8 du Tome 0, l'étape de validation des échantillons permet d'attribuer à chaque échantillon un code qualité global qui tient compte du codage de l'échantillon après les étapes de prélèvement et d'analyse, mais également de diverses observations de terrain. Le code d'un échantillon peut donc évoluer entre l'étape de prélèvement et l'étape de validation ou entre l'étape d'analyse et l'étape de validation.

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

Le code qualité appliqué après chacune des étapes (après prélèvement, après analyse et au global après les deux étapes) est le suivant :

- A prélèvement exploitable (conforme) ;
- W prélèvement exploitable « atypique » ;
- I prélèvement invalidé ;
- NA prélèvement non réalisé ou non prévu au plan d'échantillonnage.

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

2.3.2 Analyses chimiques

Le laboratoire d'analyses a fourni les résultats d'analyse pour 39 substances parmi 58 substances priorisées en zones viticoles (cf. Figure 1), *via* la mise en œuvre de 3 filières analytiques :

- filière des substances « semi-volatiles » (filière P1 ; 5 substances) ;
- filière des substances minérales (filière P3 ; cuivre et soufre) ;
- filières des substances polaires (filière P4 ; glyphosate et fosétyl-aluminium).

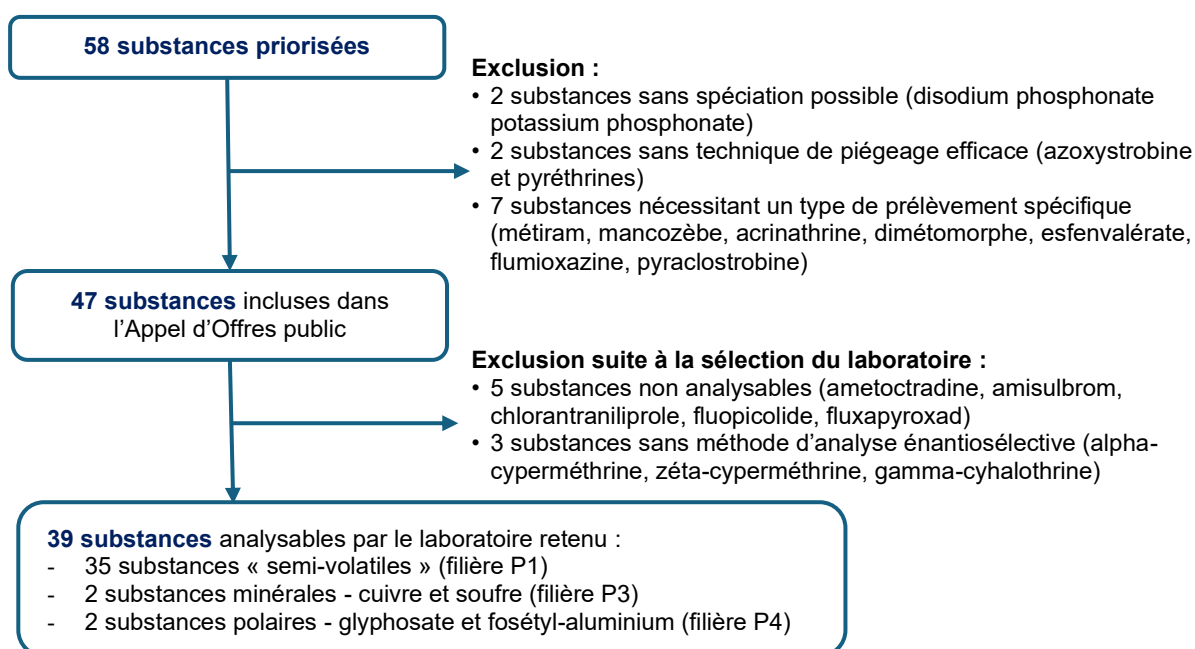


Figure 1 : Bilan des substances analysées dans l'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

2.3.2.1 Cymoxanil

L'incertitude d'analyse⁴ associée à l'analyse par le laboratoire du cymoxanil est de 180 %. Les données de concentration ont été fournies par le laboratoire à titre indicatif mais ne peuvent pas être exploitées telles quelles par manque de robustesse. Les résultats de contamination du cymoxanil sont donc exclusivement exploités sous la forme de présence/absence⁵.

⁴ L'incertitude d'analyse est calculée à partir du coefficient de variation (CV) du rendement d'extraction (incertitude = 2*CV).

⁵ À noter que le laboratoire a depuis validé une méthode d'analyse utilisant du cymoxanil-d3 comme étalon interne d'extraction, permettant de rendre pour de futures études des résultats d'analyse robustes (incertitude d'analyse évaluée à 42 %).

2.3.2.2 Cyfluthrine

L'analyse de la cyfluthrine a été ajoutée à partir du 02/05/2022. Aucun résultat n'a donc été rendu pour la cyfluthrine en période hors traitement et en début de période de traitement.

2.3.2.3 Fosétyl-aluminium

Pour le fosétyl-aluminium, le laboratoire a fourni uniquement les résultats quantifiés. Les données comprises entre la limite de détection et la limite de quantification ne sont pas disponibles. La fréquence de détection est donc *a priori* sous-estimée pour cette substance.

2.3.2.4 Cuivre : contamination des blancs de lots de filtres

Le cuivre a été quantifié sur tous les blancs de lots de filtres, avec une teneur moyenne de 16,5 ng. En effet, bien que les filtres en microfibres de quartz utilisés lors des prélèvements soient calcinés au laboratoire afin de s'affranchir de toute contamination accidentelle, cette étape ne permet pas d'éliminer tous les polluants minéraux.

En accord avec le guide méthodologique de l'analyse des métaux du Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA⁶), les quantités mesurées sur les blancs de lots de filtres ont donc été soustraites aux quantités en cuivre mesurées dans les échantillons d'air ambiant.

2.3.3 Efficacité de piégeage

Comme détaillé à l'**Annexe 8** du Tome 0, l'efficacité de piégeage est conforme si elle est comprise entre 60 et 120 % pour des niveaux de concentration de 1 et 10 ng/m³ d'après la norme NF XPX 43-058.

Parmi les 39 substances analysées, l'efficacité de piégeage est « non conforme » aux niveaux de concentration de 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances :

- Le napropamide et la spiroxamine pour lesquels l'efficacité de piégeage est comprise entre 30 et 50 %, conduisant ainsi à une sous-estimation des niveaux de concentration ;
- Le difénoconazole pour lequel l'efficacité de piégeage est estimée à 123 %, conduisant ainsi à une légère surestimation des niveaux de concentration.

Toutefois, les données restent tout de même intéressantes et sont donc exploitées sans correction de l'efficacité de piégeage^{7,8} car la norme n'autorise pas la correction des résultats d'analyse par l'efficacité de piégeage.

2.3.4 Spécificités de certains sites de prélèvements

L'ensemble des échantillons P3 (cuivre, soufre) collectés sur les sites de Mesnil-sur-Oger (site en zones viticoles instrumenté en période hors traitement et en période de traitement) et des Hautes-Rivières (site en zones non viticoles instrumenté en période de traitement) sont identifiés comme atypiques (codés W *i.e.* prélèvements exploitables « atypiques », cf. 2.3.1) car la coupure granulométrique est d'environ PM₁₅⁹ (au lieu de PM₁₀ comme défini dans le

⁶ [LCSQA2020-Guide Méthodologique de l'Analyse des métaux-2021 VF.pdf](#)

⁷ Le même raisonnement a été appliqué dans le cadre de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides dans l'air ambiant.

⁸ Il est à noter toutefois que pour le propyzamide, l'efficacité de piégeage observée pour le niveau à 1 ng/m³ est non conforme. Les niveaux de contamination observés pour le propyzamide étant inférieurs à 1 ng/m³, les résultats pour cette substance sont a priori très sous-estimés (d'environ 90 %) et à interpréter avec vigilance.

⁹ La formule pour estimer la coupure a été fournie par le fabricant du préleveur.

protocole). En effet, le préleveur (Leckel) a été équipé d'une buse dimensionnée pour une coupure granulométrique PM₁₀ à un débit de 2,3 m³/h alors que le débit appliqué était de 1 m³/h. Les résultats de contamination obtenus pour le cuivre et le soufre sur ces deux sites portent donc sur un prélèvement différent (piégeage de tous les aérosols de diamètre inférieur à 15 µm au lieu de 10 µm), ce qui rend la comparaison avec les autres sites moins directe.

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 : valeur minimale (C_{min}), 5^{ème} centile (P5), 25^{ème} centile (P25), 50^{ème} centile ou concentration médiane (P50), 75^{ème} centile (P75), 95^{ème} centile (P95) et valeur maximale (C_{max}).

Les résultats sont présentés par substance pour toute la période d'intérêt pour tous les sites (pour toutes les substances), puis par site (pour les substances ayant une FD_{globale} supérieure à 20 %).

Comme les mesures sont réalisées sur des sites faisant l'objet de plusieurs prélèvements dans le temps, les données sont longitudinales. Des descriptions intégrant l'aspect temporel sont donc également présentées par substance, par site, puis par substance et site (pour les substances ayant une FD_{globale} supérieure à 20 %).

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 Modèles statistiques

Comme explicité au 7.4 du Tome 0 :

- seules les substances recherchées dans l'air ambiant dont le taux de censure est inférieur à 60 % (soit FQ > 40 %) pourront être utilisées dans les modélisations ;
- les concentrations dans l'air ambiant censurées à gauche sont gérées par l'utilisation d'un modèle de régression bayésienne (package R : BRMS), via la réalisation de tirages des valeurs dans des lois de distribution.

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 DESCRIPTION DES SITES DE PRELEVEMENTS D'AIR AMBIANT ET DE LEUR ENVIRONNEMENT

3.1 Caractéristiques générales des sites

3.1.1 Localisation des sites et stratégie d'échantillonnage

Le Tableau 2 précise les caractéristiques des 23 sites de prélèvements d'air ambiant vis-à-vis de leur localisation et de la stratégie d'échantillonnage (zone viticole ou non viticole, mesures en période de traitement et/ou en période hors traitement, type de prélèvements). Pour rappel, les sites en zones non viticoles n'ont pas fait l'objet de prélèvements en période hors traitement. Le nom de la commune instrumentée est utilisé pour nommer les sites de prélèvements. La Figure 2 permet de visualiser la localisation des 23 sites de prélèvements. Les coordonnées géographiques (latitude, longitude) des 23 sites sont disponibles en Annexe 3.

3.1.2 Hauteur de prélèvement

Le protocole recommande de positionner les préleveurs à « hauteur d'homme » afin de prélever l'air potentiellement inhalé par la population humaine. Dans le cadre de PestiRiv, les préleveurs sont majoritairement positionnés entre 1,5 m et 2 m, voire plus rarement à 2,2 m. Seuls deux préleveurs ont été placés à 2,8 m et 2,9 m sur le site de La Croix Valmer à cause de contraintes rencontrées sur le terrain. Le détail par site est présenté en Annexe 3.

3.1.3 Densité de population autour des sites

Le Tableau 3 présente la répartition des sites PestiRiv instrumentés en air ambiant selon leur densité de population¹⁰. La part de sites faiblement denses est importante en zones viticoles, notamment via la méthode de sélection de sites ayant une surface viticole supérieure à 10 %. Pour les sites en zones non viticoles, la répartition est plus équilibrée. La catégorie de densité de population par site est présentée en Annexe 3.

¹⁰ Pour rappel, la grille communale de densité du 16/12/2019 définie par l'Insee est utilisée pour catégoriser les sites selon leur densité : <https://www.insee.fr/fr/information/2114627>. Ainsi, comme détaillé dans le protocole PestiRiv ([PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non-viticoles. Protocole](#)), « un site est classé dans la catégorie « dense » lorsqu'il est rattaché uniquement à des communes dites denses ou de catégorie intermédiaire. Un site est classé dans la catégorie « faiblement dense » lorsqu'il est rattaché uniquement à des communes dites peu denses ou très peu denses. »

Tableau 2 : Caractéristiques des 23 sites instrumentés en air ambiant vis-à-vis de la stratégie d'échantillonnage. PestiRiv, France, 2021-2022.

Région	Bassin viticole	Département	Nom du site PestiRiv	Nom de la commune instrumentée	Type de lieu d'implantation des préleveurs	Site en zones viticoles / Site en zones non viticoles	Mesures en période de traitement et/ou en période hors traitement	Type de prélèvements*
BFC	Beaujolais / Bourgogne	Côte d'Or (21)	Chenôve	Chenôve	Jardin	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
ARA	Beaujolais / Bourgogne	Rhône (69)	La chapelle de Guinchay	Régnié-Durette	Terrain communal	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
GE	Champagne	Marne (51)	Blancs-Coteaux	Le Mesnil-sur-Oger	Parking	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
GE	Champagne	Marne (51)	Dizy	Champillon	Terrain communal	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
GE	Alsace	Haut-Rhin (68)	Ribeauvillé	Ribeauvillé	Parc	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
GE	Alsace	Haut-Rhin (68)	Nierdermoschwir	Niedermorschwihr	Ecole	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
GE	Alsace	Haut-Rhin (68)	Wettolsheim	Obermorschwihr	Stade	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
NA	Bordelais	Gironde (33)	Saint-Laurent-Médoc	Pauillac	Ecole	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
NA	Bordelais	Gironde (33)	Avensan	Avensan	Parking	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
NA	Bordelais	Gironde (33)	Martillac (27 %)	Léognan	Cimetière	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
Occitanie	Languedoc / Pyrénées	Aude (11)	Armissan	Armissan	Terrain de sport	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
Occitanie	Languedoc / Pyrénées	Gard (30)	Rocheft du Gard	Tavel	Stade de football	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
Occitanie	Languedoc / Pyrénées	Pyrénées-Orientales (66)	Banyuls-Sur-Mer	Port-Vendres	Boulodrome	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
PACA	Bouches-du-Rhône / Provence / Var / Vaucluse	Var (83)	Ramatuelle	La Croix Valmer	Ecole	Site en zones viticoles	Période hors traitement + Période de traitement	P1, P3 et P4
PACA	Bouches-du-Rhône / Provence / Var / Vaucluse	Vaucluse (84)	Gigondas	Gigondas	Terrain communal	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1

Région	Bassin viticole	Département	Nom du site PestiRiv	Nom de la commune instrumentée	Type de lieu d'implantation des préleveurs	Site en zones viticoles / Site en zones non viticoles	Mesures en période de traitement et/ou en période hors traitement	Type de prélèvements*
PACA	Bouches-du-Rhône / Provence / Var / Vaucluse	Bouches-du-Rhône (13)	Cassis	Cassis	Terrain privé	Site en zones viticoles	Période de traitement	P1
GE	Champagne	Ardennes (08)	Les Hautes-Rivières	Les Hautes-Rivières	Parking	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
GE	Alsace	Bas-Rhin (67)	Rothau	Rothau	Ecole	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
PACA	Bouches-du-Rhône / Provence / Var / Vaucluse	Bouches-du-Rhône (13)	Port-Saint-Louis-du-Rhône	Port-St-Louis-du-Rhône	Stade	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
BFC	Beaujolais / Bourgogne	Doubs (25)	Besançon	Besançon	Fort Griffon	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
Occitanie	Languedoc / Pyrénées	Pyrénées-Orientales (66)	Le Perthus	Le Perthus	Stade	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
NA	Bordelais	Gironde (33)	Audenge	Audenge	Parking	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4
NA	Bordelais	Gironde (33)	Le Verdon-sur-Mer	Le Verdon-sur-Mer	Gymnase	Site en zones non viticoles	Période de traitement	P1, P3 et P4

* P1 : Prélèvement des substances semi-volatiles

P3 : Prélèvement des substances minérales (cuivre et soufre)

P4 : Prélèvement des substances polaires (fosétyl-aluminium et glyphosate)

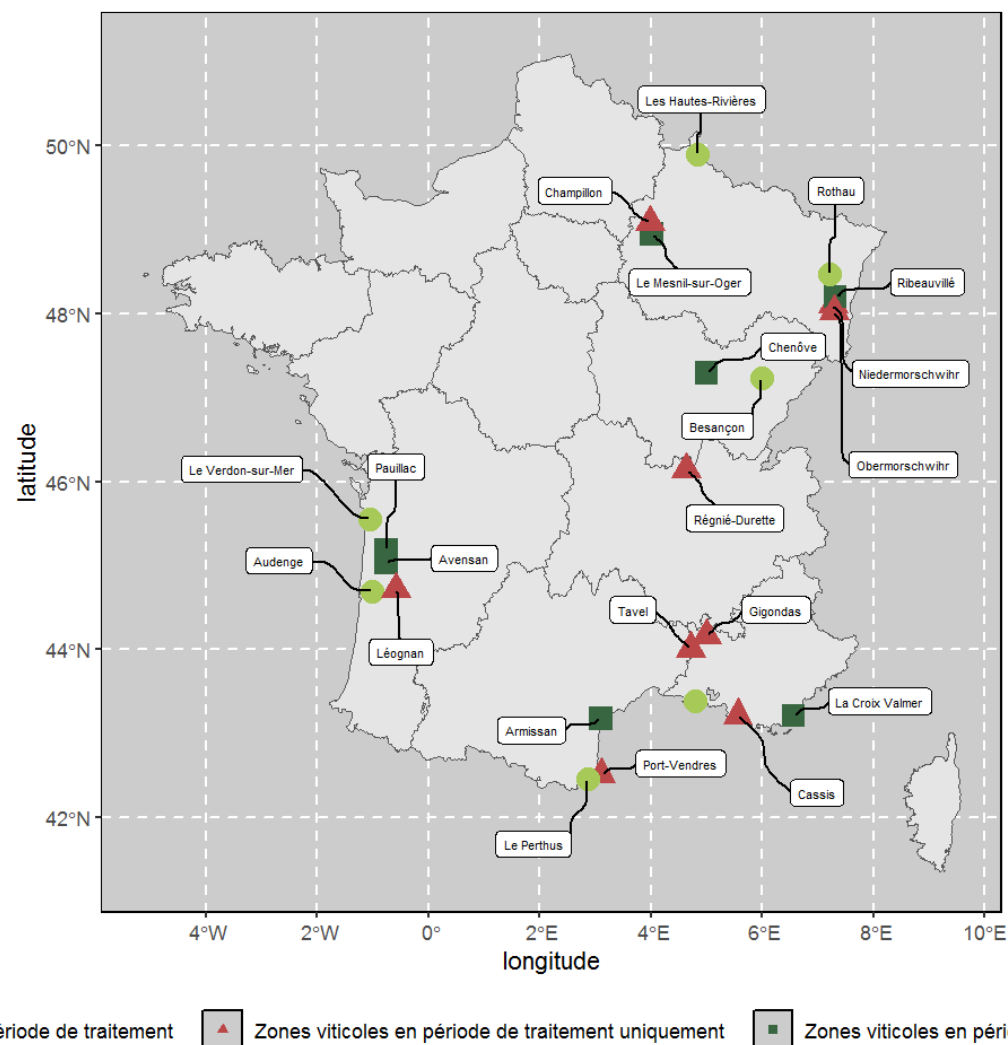


Figure 2 : Localisation des 23 sites instrumentés en air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 3 : Répartition des sites PestiRiv instrumentés en air ambiant selon la densité de population. PestiRiv, France, 2021-2022.

		Densité de population du site PestiRiv		
		Faiblement dense	Dense	Total
Nombre de sites (%)	Zones viticoles en période de traitement	11 (69 %)	5 (31 %)	16 (100 %)
	Zones non viticoles en période de traitement	3 (43 %)	4 (57 %)	7 (100 %)
	Zones viticoles en période hors traitement	6 (86 %)	1 (14 %)	7 (100 %)

3.1.4 Spécificités précisées par les AASQA

Les Associations Agréées de la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) ont apporté des informations qui permettent de préciser l'environnement autour de 6 des 23 sites de prélèvements d'air ambiant, comme par exemple l'absence d'utilisation de PPP par les services municipaux (N=2 sites) ou la présence à proximité d'un chemin de fer qui pourrait être source d'utilisation de PPP (N=1 site). Le détail par site est présenté en Annexe 3.

3.2 Données météorologiques des sites

Les données météorologiques fournies par Météo France ainsi que les indicateurs construits à partir de ces données sont synthétisés dans le Tableau 4. Les données horaires ou journalières en termes de température de l'air, intensité et direction du vent et pluviométrie modélisées aux coordonnées GPS (latitude ; longitude) des sites de prélèvements d'air ambiant (maille de 1 km) ont permis de construire les indicateurs suivants :

- « température min » (°C) et « température max » (°C) pour chaque site chaque semaine de prélèvement pour identifier des conditions particulières sur un site et/ou sur une période donnée ;
- « vent fort » (h) pour renseigner par site le nombre d'heures par semaine de prélèvement pendant lesquelles l'intensité du vent est supérieure à 19 km/h. Pour rappel, la réglementation interdit de réaliser des traitements lorsque l'intensité du vent est supérieure à 19 km/h (vent > 3 sur l'échelle de Beaufort) à 10 m de hauteur.¹¹ Cet indicateur permet surtout d'estimer si des traitements ont pu avoir lieu sur une semaine de prélèvement, car il est difficile à utiliser pour estimer l'impact sur la dispersion des substances dans l'air ;
- « cumul de pluie » (mm) et « nombre de jours de pluie » pour chaque site chaque semaine de prélèvement car la pluie, en lessivant l'atmosphère, impacte directement la contamination de l'air.

¹¹ Arrêté du 4 mai 2017 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et de leurs adjuvants visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000034603791/>

Tableau 4 : Bilan des données météorologiques fournies par Météo France et des indicateurs construits pour le volet air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Données fournies par Météo France	Indicateurs
Type de données	Modélisation aux coordonnées (x;y) (maille 1 km)	Construits à partir des données brutes de Météo France
Température	Données journalières (CPF Agro) : - Tn : Température min (°C) - Tx : Température max (°C)	Par site par semaine de prélèvement : - Température min (°C) - Température max (°C)
Vent	Données horaires (CPF Agro et AROME) : - FF : force du vent (m/s) - DD : direction (°)	Par site par semaine de prélèvement : - Vent fort (>19km/h) (h)
Pluie	Données journalières (CPF Agro) : - RR : précipitations (mm)	Par site par semaine de prélèvement : - Cumul de pluie (mm) - Nombre de jours de pluie

L'Annexe 4 décrit les indicateurs « température min (°C) », « température max (°C) », « vent fort », « cumul de pluie » et « nombre de jours de pluie » par site par semaine de prélèvement pour les sites en zones viticoles en période hors traitement et en période de traitement, ainsi que pour les sites en zones non viticoles en période de traitement. L'analyse de ces indicateurs permet d'identifier la pertinence de les prendre en compte dans les modèles :

- les indicateurs « température min (°C) » et « température max (°C) » suivent globalement la même tendance temporelle quels que soient les sites, avec une variabilité des gammes de valeurs associées aux conditions climatiques régionales ;
- des variabilités inter-sites et intra-sites sont observées pour l'indicateur « vent fort ». Par exemple, les sites d'Avensan, de Léognan, de Niedermorschwihr et de Ribeauvillé semblent peu exposés au vent fort pendant la période d'enquête. À l'opposé, les sites d'Armissan, de Port-Vendres, de Gigondas et de Tavel semblent particulièrement exposés. À noter toutefois que, quel que soit le site et quelle que soit la semaine de prélèvement, il y a systématiquement *a minima* une plage temporelle d'environ 6 h sans « vent fort » sur la semaine, ce qui laisse la possibilité qu'un ou plusieurs traitements aient pu être effectués ;
- les indicateurs en lien avec la pluviométrie présentent une variabilité inter-sites et une variabilité intra-sites.

Les indicateurs météorologiques « vent fort », « cumul de pluie » et « nombre de jours de pluie » sont donc retenus pour les modèles.

3.3 Environnement culturel des sites

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

Une cartographie des cultures dans les zones d'étude a été élaborée par Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (INRAE)/Observatoire du développement rural (ODR)¹² à partir des principales sources de données suivantes :

- le registre parcellaire graphique (RPG)¹³, millésime 2021 ;
- le casier viticole informatisé (CVI), millésime 2021 ;
- le RPG complété, millésime 2021 ;
- la couche OSO (télédétection)¹⁴, 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, plusieurs indicateurs ont été construits par Santé publique France (SpF) 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 sites de prélèvements d'air ambiant (cf. 7.5.2 du Tome 0).

L'ensemble des indicateurs construits sont :

- la distance (m) des préleveurs à la parcelle viticole la plus proche (quelle que soit la surface de la parcelle) pour les sites en zones viticoles ;
- la surface (ha) de la parcelle viticole la plus proche des préleveurs pour les sites 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 1000 m autour des préleveurs des sites en zones viticoles ;
- les indicateurs spatialisés de niveau 2 qui décrivent la quantité de substance active (SA) (kg) probablement utilisée par semaine de prélèvement sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des préleveurs de chaque site localisé en zones viticoles. Ils sont renseignés pour toute la période d'enquête. Ils sont construits à partir des indicateurs spatialisés de niveau 1, des données issues de la 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 les préleveurs. Ils sont calculés à partir des indicateurs spatialisés de niveau 2 dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m en tenant compte des directions de vent locales (8 secteurs de vent). Ils sont renseignés pour chaque site de prélèvement localisé en zones viticoles et pour toute la période d'enquête ;
- la densité (ha et %) des cultures autres que la vigne consommatrices de PPP dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des préleveurs des sites en zones viticoles et non viticoles ;
- l'indicateur « soufre » (%) qui estime la part de soufre appliqué par pulvérisation par rapport à la part de soufre appliqué par poudrage sur les parcelles de vignes localisées dans un cercle de rayon de 1000 m autour des préleveurs des sites en zones viticoles.

¹² Anna Lungarska, Thomas Lecaé, Thomas Poméon, Pierre Cantelaube, Benjamin Lardot. Construction d'un parcellaire viticole et spatialisation de la BNVD. INRAE - US ODR. 2024.

¹³ La localisation des îlots se fait à l'échelle du 1:5000 sur le fond photographique de la BD Ortho (IGN).

¹⁴ La résolution est comprise entre 10 m et 60 m.

Deux autres indicateurs contextuels sont également décrits :

- la part (%) de surface de vignes conduites en agriculture biologique sur la surface agricole totale du code postal du site ainsi que la part d'exploitations conduites en agriculture biologique sur le nombre total d'exploitations du code postal du site pour tous les sites de prélèvements d'air ambiant ;
- la répartition (%) selon la technologie du matériel de pulvérisation utilisé à l'échelle du département pour les sites de prélèvements en zones viticoles.

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

3.3.2 Occupation du sol

L'occupation du sol dans un cercle de rayon 1000 m autour des préleveurs de chaque site d'air ambiant (source ODR) est disponible en Annexe 5. Les cartes illustrent dans la zone tampon de 1000 m :

- les surfaces occupées par la vigne ;
- les surfaces agricoles avec traitements de PPP (correspondant aux cultures autres que la vigne consommatrices de PPP) ;
- les surfaces agricoles sans traitements de PPP (correspondant aux cultures autres que la vigne non consommatrices de PPP, type estives et landes).

La Figure 3 présente l'exemple du site de Champillon.

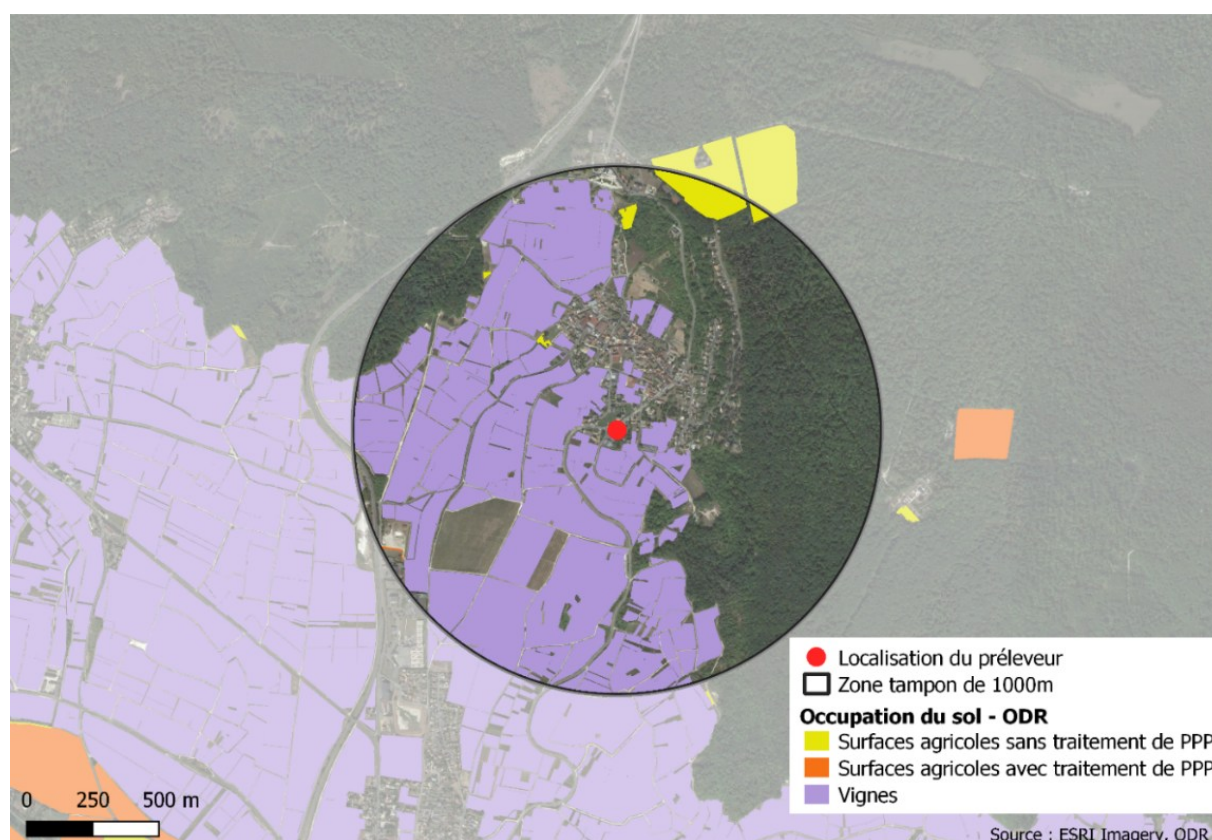


Figure 3 : Occupation du sol autour du site de Champillon (rayon 1000 m) instrumenté en air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

3.3.3 Distance à la parcelle viticole la plus proche

La distance à la parcelle viticole la plus proche (quelle que soit la surface de la parcelle) est détaillée en Annexe 6 pour chaque site de prélèvement localisé en zones viticoles.

Le Tableau 5 synthétise les distances minimales, maximales et médianes entre les sites de prélèvements en zones viticoles et la parcelle viticole la plus proche. Pour rappel, pour les sites en zones viticoles, le site d'implantation des préleveurs retenu par l'AASQA devait dans l'idéal se situer entre 30 m et 70 m de la première parcelle viticole, avec au moins 20 % de surface viticole dans un cercle de rayon de 200 m¹⁵. Le critère de distance a été strictement respecté pour 10 des 16 sites. Pour les 6 autres, les écarts à l'intervalle de distance fixé sont au plus de ± 16 m et résultent des contraintes rencontrées sur le terrain comme l'accès à l'électricité par exemple.

Tableau 5 : Distances minimales, maximales et médianes entre les sites de prélèvement d'air ambiant et la parcelle viticole la plus proche. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Distance des préleveurs d'air ambiant à la parcelle viticole la plus proche (m)		
	Minimale	Médiane	Maximale
Zones viticoles en période de traitement	15	37	86
Zones viticoles en période hors traitement	21	56	86

3.3.4 Surface de la parcelle viticole la plus proche

La surface de la parcelle viticole la plus proche des sites de prélèvements en zones viticoles est présentée en Annexe 6 et s'échelonne entre 0,01 et 1,01 ha.

3.3.5 Indicateurs spatialisés de niveau 1

Les indicateurs spatialisés de niveau 1 décrivent la densité de vignes selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles et sont détaillés en Annexe 6¹⁶. La Figure 4 illustre plus particulièrement la densité de vignes (%) variable selon les sites et le rayon considéré :

- entre 4 % et 37 % pour le cercle de rayon 100 m ;
- entre 22 % et 65 % pour le cercle de rayon 500 m ;
- entre 13 % et 76 % pour le cercle de rayon 1000 m.

La densité de vignes augmente avec le rayon pour 8 des 16 sites. Elle diminue avec le rayon qui augmente pour 3 des 16 sites. Pour les 5 sites restants, la densité maximale est observée pour le rayon 0-500 m. En conséquence, le classement des sites en fonction de la densité diffère selon le rayon considéré.

¹⁵ Il s'agit des critères définissant la zone éligible pour implanter les préleveurs présentés à l'Annexe 2 du Tome 0. La surface viticole dans un cercle de rayon de 200 m n'est pas illustrée ici.

¹⁶ Il est probable que cette variable soit sous-estimée pour le site de Champillon, notamment pour le cercle de rayon 100 m, certaines parcelles de vignes n'ayant a priori pas été identifiées comme telles par l'ODR.

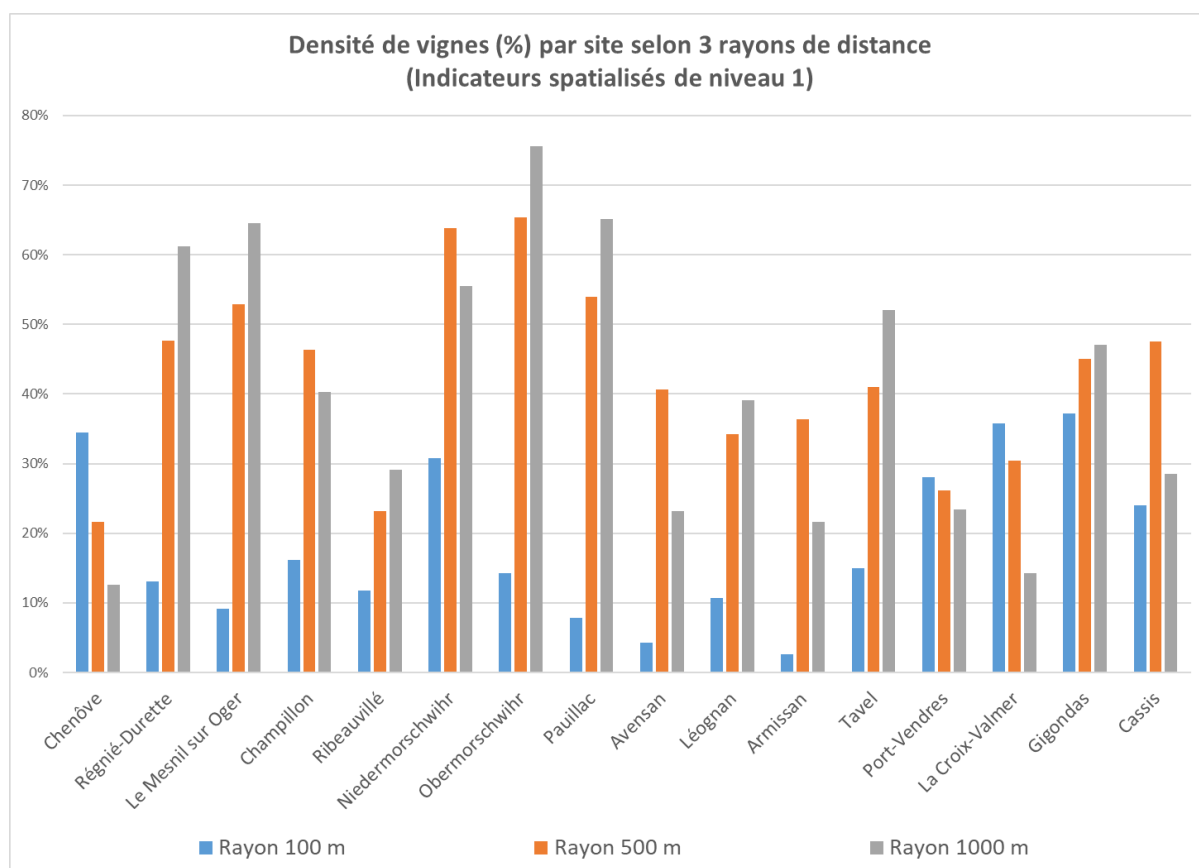


Figure 4 : Densité de vignes (%) selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des 16 sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

Les sites de prélèvements localisés en zones non viticoles ont tous des surfaces de vignes nulles dans les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m (cf. Annexe 6).

Densité de vignes dans un cercle de rayon de 5 km (données AASQA)

La densité de vignes dans un cercle de rayon de 5 km fournie par les AASQA¹⁷ pour les sites de prélèvements en zones viticoles et non viticoles est présentée en Annexe 6 :

- pour les sites en zones viticoles, la présence de vignes couvre entre 4 % (site de Cassis) et 68 % (site de Régnié-Durette) de l'occupation du sol dans un cercle de rayon de 5 km (médiane à 24 %) ;
- pour les sites en zones non viticoles, les données confirment l'absence de vignes dans un cercle de rayon de 5 km.

3.3.6 Indicateurs spatialisés de niveau 2

Les indicateurs spatialisés de niveau 2 estiment la quantité de chaque substance active (kg) probablement utilisée par semaine de prélèvement sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour de chaque site de prélèvement localisé en zones viticoles. Ils sont renseignés pour toute la période d'enquête. Ses distributions globale

¹⁷ Base de données Corine Land Cover 2018 qui permet d'approximer la densité de vignes dans un cercle de rayon de 5 km.

et temporelle sont présentées respectivement en Annexe 7 et Annexe 8. Chaque substance présente un profil d'utilisation spécifique dans le temps et dans l'espace.

Bilan général

32 substances sont probablement utilisées au moins une fois au cours de la période de traitement et/ou au cours de la période hors traitement autour des préleveurs d'air ambiant, parmi lesquelles :

- 6 substances (soufre, glyphosate, pendiméthaline, napropamide, trifloxystrobine, oryzalin) 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 le soufre et la trifloxystrobine qui sont des fongicides ;
- 1 substance herbicide (propyzamide) est probablement utilisée uniquement en période hors traitement ;
- 25 substances sont probablement utilisées uniquement en période de traitement.

Description pour les sites en zones viticoles en période de traitement

Les résultats des indicateurs spatialisés de niveau 2 indiquent que **pendant la période de traitement de l'étude PestiRiv (28/02/2022 au 06/09/2022), 31 substances recherchées sont probablement utilisées sur les vignes** localisées dans un cercle de rayon de 1000 m autour des préleveurs d'air ambiant, **avec toutefois des niveaux d'utilisation variables dans le temps et dans l'espace selon les substances** :

- le soufre¹⁸ est utilisé sur les 7 sites avec des niveaux très variables selon le site et le moment, et avec un pic d'utilisation en mai et juin ;
- le fosétyl-aluminium¹⁸ est utilisé sur les 7 sites avec des niveaux très variables selon le site et le moment ;
- le cuivre¹⁸ est utilisé sur les 7 sites entre début avril et mi-août, avec des niveaux très variables selon le site et le moment ;
- le folpel est utilisé sur 15 des 16 sites avec des niveaux très variables selon le site et le moment ;
- le glyphosate¹⁸ est utilisé sur les 7 sites avec des niveaux variables, avec un plateau haut d'utilisation jusqu'à mi-avril, puis un plateau bas jusqu'à fin juin ;
- la spiroxamine est utilisée sur 12 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- le zoxamide est utilisé sur les 16 sites avec des niveaux très variables selon le site et le moment ;
- le cyazofamide est utilisé sur les 16 sites avec des niveaux variables, avec un pic d'utilisation de mi-mai à fin juin ;
- la métrafénone est utilisée sur 15 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- le cymoxanil est utilisé sur 14 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- le napropamide est utilisé sur 9 des 16 sites avec des niveaux variables, jusqu'à début avril uniquement ;
- la trifloxystrobine est utilisée sur 13 des 16 sites avec des niveaux variables, avec un pic d'utilisation de mi-mai à fin juin ;
- le fluopyrame est utilisé en mai et juin sur tous les sites avec des niveaux variables selon le site ;
- le fenhexamide est utilisé sur 6 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site ;

¹⁸ Pour rappel, prélèvements déployés uniquement sur les 7 sites en zones viticoles instrumentés à la fois en période hors traitement et en période de traitement pour cette substance (voir 4.4.4.1.1 du Tome 0).

- l'étofenprox est utilisé principalement en juillet sur 4 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site ;
- la lambda-cyhalothrine est utilisée sur 12 des 16 sites avec des niveaux très variables selon le site et le moment ;
- le tau-fluvalinate est utilisé principalement en juin sur 7 des 16 sites, avec des niveaux très variables selon le site ;
- le difénoconazole est utilisé sur 15 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- l'oryzalin est utilisé sur le site de Niedermorschwhir jusqu'à mi-avril ;
- la pendiméthaline est utilisée principalement en mars sur 3 des 16 sites ;
- le boscalid est utilisé principalement en juin sur 9 des 16 sites, mais avec des niveaux variables selon le site ;
- le cyprodinil est utilisé principalement en juin et juillet sur 11 des 16 sites, mais avec des niveaux variables selon le site ;
- le métalaxyl est utilisé sur 9 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- le pyriméthanil est utilisé principalement en juin et juillet sur 5 des 16 sites, mais avec des niveaux variables selon le site ;
- le tébuconazole est utilisé sur 7 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- l'indoxacarbe est utilisé sur 10 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- la deltaméthrine est utilisée sur 14 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site et le moment ;
- la cyperméthrine est utilisée principalement en juillet sur 6 des 16 sites avec des niveaux variables selon le site ;
- le krésoxym-méthyl est utilisé principalement en juin sur 8 des 16 sites, mais avec des niveaux variables selon le site ;
- le mépanipyrime est utilisé principalement en juin et juillet sur 2 des 16 sites ;
- l'iprovalicarbe est utilisé sur 3 des 16 sites entre début avril et mi-juillet.

Description pour les sites en zones viticoles en période hors traitement

Les résultats des indicateurs spatialisés de niveau 2 confirment que **pendant la période hors traitement de l'étude PestiRiv (11/10/2021 au 22/02/2022), les substances recherchées ne sont probablement pas utilisées sur les vignes** localisées dans un cercle de rayon de 1000 m autour des sites de prélèvements **sauf de façon très ponctuelle ou locale pour 7 substances** :

- le soufre et la trifloxystrobine sont utilisés dans des traitements fongicides contre l'excoriose sur le site d'Armissan la dernière semaine de prélèvement de la période hors traitement ;
- le propyzamide est utilisé dans des traitements herbicides à partir du 13/12/2021 et jusqu'à la fin de la période hors traitement sur les sites de La Croix Valmer et du Mesnil-sur-Oger ;
- le glyphosate et le napropamide sont utilisés dans des traitements herbicides la dernière semaine de prélèvement de la période hors traitement dans un cercle de rayon de 1000 m autour des 7 sites de prélèvement ;
- la pendiméthaline et l'oryzalin sont utilisés dans des traitements herbicides la dernière semaine de prélèvement de la période hors traitement sur le site du Mesnil-sur-Oger.

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

Le Tableau 6 synthétise l'information sur l'utilisation probable des substances pour l'ensemble des sites, 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 de 1000 m autour des sites de prélèvements :
 - 30 sont approuvées au niveau européen ;
 - 2 ne sont pas approuvées (oryzalin et indoxacarbe), mais les descriptions temporelles des indicateurs spatialisés de niveau 2 sont en accord avec les dates de fin d'utilisation (oryzalin : fin d'utilisation au 31/05/2022 ; indoxacarbe : fin d'utilisation au 19/09/2022) ;
- les 7 substances probablement jamais utilisées dans un cercle de rayon 1000 m autour des sites de prélèvements ne sont pas approuvées (dont 2 substances avec une fin d'utilisation au 31/05/2022).

Tableau 6 : Estimation des utilisations probables des 39 substances (indicateurs spatialisés de niveau 2) et cohérence par rapport aux approbations des substances actives phytopharmaceutiques au niveau européen. PestiRiv, France, 2021-2022.

		AIR AMBIANT - Sites en zones viticoles							
		Indicateur spatialisé de niveau 2 en période de traitement			Indicateur spatialisé de niveau 2 en période hors traitement				
Nom substance	N° CAS	100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m	Statut EU PPP (A = autorisé ; NA = non autorisé)	Fin d'utilisation
soufre	7704-34-9	X	X	X	X	X	X	A	
fosétyl-aluminium	15845-66-6	X	X	X				A	
cuivre	7440-50-8	X	X	X				A	
folpel	133-07-3	X	X	X				A	
glyphosate	1071-83-6	X	X	X	X	X	X	A	
spiroxamine	118134-30-8	X	X	X				A	
zoxamide	156052-68-5	X	X	X				A	
cyazofamide	120116-88-3	X	X	X				A	
métrafénone	220899-03-6	X	X	X				A	
cymoxanil	57966-95-7	X	X	X				A	
napropamide	15299-99-7	X	X	X		X	X	A	
trifloxystrobine	141517-21-7	X	X	X		X	X	A	
fluopyrame	658066-35-4	X	X	X				A	
fenhexamide	126833-17-8	X	X	X				A	
étofenprox	80844-07-1	X	X	X				A	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	X	X	X				A	
tau-fluvalinate	102851-06-9	X	X	X				A	
difénoconazole	119446-68-3	X	X	X				A	
oryzalin	19044-88-3	X	X	X		X	X	NA	31/05/2022
pendiméthaline	40487-42-1	X	X	X		X	X	A	
boscalid	188425-85-6	X	X	X				A	

		AIR AMBIANT - Sites en zones viticoles						Statut EU PPP (A = autorisé ; NA = non autorisé)	Fin d'utilisation
Nom substance	N° CAS	Indicateur spatialisé de niveau 2 en période de traitement			Indicateur spatialisé de niveau 2 en période hors traitement				
		100 m	500 m	1000 m	100 m	500 m	1000 m		
cyprodinil	121552-61-2	X	X	X				A	
métalaxyl	70630-17-0	X	X	X				A	
pyriméthanil	53112-28-0	X	X	X				A	
tébuconazole	107534-96-3	X	X	X				A	
indoxacarbe	173584-44-6	X	X	X				NA	19/09/2022
deltaméthrine	52918-63-5	X	X	X				A	
cyperméthrine	52315-07-8	X	X	X				A	
iprovalicarbe	140923-17-7	X	X	X				A	
krésoxim-méthyl	143390-89-0		X	X				A	
mépanipyrime	110235-47-7		X	X				A	
propyzamide	23950-58-5				X	X	X	A	
carbétamide	16118-49-3							NA	31/05/2022
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0							NA	16/04/2020
cyfluthrine	68359-37-5							NA	20/07/2021
myclobutanil	88671-89-0							NA	31/05/2022
quinoxifène	124495-18-7							NA	27/03/2020
thiaméthoxame	153719-23-4							NA	19/12/2018
triadiménol	55219-65-3							NA	31/08/2019

Légende :

X	Au moins une utilisation probable pour un site
	Aucune utilisation probable autour des sites

3.3.7 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 sur les parcelles de vignes localisées dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des préleveurs de chaque site localisé en zones viticoles et qui a probablement dérivé vers le site pendant la semaine de prélèvement. 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 9 et Annexe 10.

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 1000 m (Annexe 11), à l'exception de :

- la pendiméthaline, le boscalid, le cyprodinil, le métalaxyl, le pyriméthanil, le tébuconazole, l'indoxacarbe, la deltaméthrine, la cyperméthrine, le krésoxym-méthyl, le mépanipyrimine et l'iprovalicarbe identifiées par l'indicateur spatialisé de niveau 2 en période de traitement pour le cercle de rayon 100 m, mais qui n'auraient probablement pas dérivé vers le site de prélèvement ;
- le glyphosate en période hors traitement pour le cercle de rayon 100 m ;
- l'oryzalin en période hors traitement pour les cercles de rayon 500 m et 1000 m.

Les graphiques comparant la distribution temporelle par site des indicateurs spatialisés de niveaux 2 et 3 sont disponibles en Annexe 12 pour chaque période pour l'ensemble des sites de prélèvements localisés en zones viticoles.

Par construction, 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 -62 % et -100 % en période hors traitement, et entre -43 % et -100 % en période de traitement (Annexe 11).

3.3.8 Densité des cultures autres que la vigne

Densité des cultures autres que la vigne consommatrices de PPP

L'occupation du sol par les cultures autres que la vigne consommatrices de PPP (blé, céréales, colza, féverole fourragère, cultures industrielles, légumes, maïs, oléagineux, olive, orge, pommes de terre, protéagineux, soja, tournesol, vergers, légumineuses fourragères) dans 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des préleveurs des sites d'air ambiant est présentée en Annexe 6 :

- dans un cercle de rayon de 100 m, Cassis est le seul site (site en zones viticoles) à avoir une densité de cultures autres que la vigne non nulle (2 %) ;
- dans un cercle de rayon de 1000 m, 10 sites (dont 9 sites en zones viticoles et 1 site en zones non viticoles) parmi les 23 sites de prélèvement ont une densité de cultures autres que la vigne non nulle, qui reste toutefois négligeable puisqu'elle couvre entre 0,02 % et 0,5 % de l'occupation du sol.

Densité des autres cultures (0-1000 m, 0-5000 m) – Données AASQA

Les densités de grandes cultures, vergers et zones culturales complexes¹⁹ dans des cercles de rayon de 1 km et de 5 km sont fournies par les AASQA²⁰ et présentées en Annexe 6 :

- les densités de grandes cultures sont nulles pour les 23 sites de prélèvement dans un cercle de rayon de 1 km, et comprises entre 1 % et 39 % pour 12 des 23 sites dans un cercle de rayon de 5 km ;
- les densités de vergers sont nulles pour les 23 sites de prélèvement dans un cercle de rayon de 1 km, et non nulles pour un seul site dans un cercle de rayon de 5 km (1 % pour le site de Champillon) ;
- les densités de zones culturales complexes sont comprises entre 3 % et 25 % pour 6 des 23 sites dans un cercle de rayon de 1 km, et comprises entre 1 % et 10 % pour 18 des 23 sites dans un cercle de rayon de 5 km.

3.3.9 Indicateur « soufre »

Comme explicité au 7.5.3 du Tome 0, l'indicateur « soufre » a été construit pour quantifier à partir des données de la BNVD spatialisée la part de soufre appliqué par pulvérisation par rapport à la part de soufre appliqué par poudrage, sur les parcelles de vignes localisées dans un cercle de rayon de 1000 m autour de chaque site de prélèvements. En effet, les procédés de dissipation varient selon le mode d'application. Le détail par site pour les sites en zones viticoles est présenté en Annexe 6. La part de soufre appliqué par poudrage est majoritaire (comprise entre 54 % et 89 %) pour les 7 sites concernés par la mesure du soufre.

3.3.10 Part de surface de vignes et d'exploitations viticoles conduites en agriculture biologique

La part de surface de vignes conduites en agriculture biologique sur la surface agricole totale rattachée au code postal de la commune instrumentée, ainsi que la part d'exploitations viticoles conduites en agriculture biologique sur le nombre total d'exploitations rattachées au code postal sont renseignées pour les sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles en Annexe 6.

Le Tableau 7 synthétise les parts minimales, maximales et médianes de surface de vignes et d'exploitations conduites en agriculture biologique rattachées aux codes postaux des communes instrumentées en zones viticoles. Pour les sites en zones viticoles, la part de surface viticole conduite en agriculture biologique est contrastée selon les sites, entre 3 % pour le code postal de Champillon et 98 % pour le code postal de Chenôve, avec une médiane à 22 %.

¹⁹ D'après la notice de la base de données Corine Land Cover 2018 (https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-12/clc-guide-d-utilisation-02_0.pdf), les zones culturales complexes correspondent au code 242 :

« Les systèmes parcellaires et culturaux complexes (242) : Il s'agit ici de petites parcelles de cultures annuelles diversifiées, de prairies et/ou cultures permanentes. Aucune de ces trois catégories ne répond au seuil de 25 hectares (ni au seuil de tolérance qui est d'environ 15 hectares) et ces terres arables, prairies, vignes ou vergers occupent chacun moins de 75 % de la superficie totale de l'unité paysagère. Ce poste caractérise donc la diversité locale des modes d'occupation des terres. »

²⁰ Base de données Corine Land Cover 2018 qui permet d'approximer le pourcentage des cultures autres que la vigne dans les cercles de rayon de 1 et 5 km.

Tableau 7 : Parts minimale, maximale et médiane de surface de vignes et d'exploitations conduites en agriculture biologique à l'échelle des codes postaux des sites de prélèvements d'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

	Part surface viticole conduite en agriculture biologique à l'échelle du code postal (%)			Part exploitations conduites en agriculture biologique à l'échelle du code postal (%)		
	Minimum	Maximum	Médiane	Minimum	Maximum	Médiane
Sites en zones viticoles	3	98	22	3	75	17

3.3.11 Type de matériel de pulvérisation

La répartition du matériel de pulvérisation selon la technologie (Groupe 1 : matériel axial et canon ; Groupe 2 : voute, jet dirigé ; Groupe 3 : face par face) est renseignée à partir des données fournies par l'union technique de l'automobile, du motorcycle et du cycle (UTAC) et permet d'estimer l'impact du matériel sur la dispersion atmosphérique des gouttelettes de pulvérisation²¹. Elle est renseignée à l'échelle du département des 16 sites de prélèvement localisés en zones viticoles en Annexe 6 :

- la part de matériel axial et canon est majoritaire sur le site de Régnié-Durette uniquement ;
- la part de matériel type voute et jet dirigé est majoritaire sur 9 des 16 sites ;
- la part de matériel face par face est majoritaire sur 6 des 16 sites.

Cependant, ces informations s'avèrent difficiles à exploiter car d'autres facteurs peuvent aussi entrer en jeu dans la propension d'un matériel donné à générer une plus ou moins grande dispersion atmosphérique des gouttes de pulvérisation, tels que l'usure et l'entretien des buses. De plus, une description à l'échelle du département n'est pas considérée assez précise pour pouvoir prendre en compte cette information de manière pertinente.

3.4 Bilan des variables disponibles pour décrire les sites de prélèvements d'air ambiant

Le Tableau 8 dresse le bilan des variables décrites pour le volet air ambiant ainsi que leurs caractéristiques générales.

Tableau 8 : Variables du volet air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

Catégorie 1	Catégorie 2	Variable	Source	Echelles spatiale et/ou temporelle	Utilisation pour expliquer les résultats de contamination*
		Temporelle	-	-	Description + Modélisation
Caractéristiques générales sites	Localisation	Région	-	Sites	Non
Caractéristiques générales sites	Localisation	Bassin viticole	-	Sites	Modélisation
Caractéristiques générales sites	Localisation	Département	-	Sites	Non
Caractéristiques générales sites	Localisation	Nom site PestiRiv	-	Sites	Non
Caractéristiques générales sites	Localisation	Nom commune instrumentée	-	Sites	Description + Modélisation

²¹ D'après les références techniques de l'institut technique de la vigne et du vin (https://www.vignevin.com/wp-content/uploads/2019/03/CAHIER_PULVE.pdf), il est admis que les appareils de pulvérisation face par face (à jet porté) ont un potentiel de réduction de la dérive des produits phytosanitaires appliqués supérieur à celui d'autres configurations. En effet, ces appareils permettent d'optimiser la répartition de la pulvérisation et réduit les doses de produits appliquées à l'hectare.

Catégorie 1	Catégorie 2	Variable	Source	Echelles spatiale et/ou temporelle	Utilisation pour expliquer les résultats de contamination*
Caractéristiques générales sites	Localisation	Type de lieu d'implantation	-	Sites	Non
Caractéristiques générales sites	Stratégie d'échantillonnage	Zone (viticole ou non viticole)	-	Sites	Description + Modélisation
Caractéristiques générales sites	Stratégie d'échantillonnage	Période (traitement ou hors traitement)	-	Sites	Description + Modélisation
Caractéristiques générales sites	Stratégie d'échantillonnage	Type de prélèvements (P1, P3 et P4)	-	Sites	Description + Modélisation
Caractéristiques générales sites	Divers	Hauteur prélèvement	AASQA	Sites	Non
Caractéristiques générales sites	Divers	Densité de population des sites PestiRiv	SpFrance (Insee)	Sites	Modélisation
Caractéristiques générales sites	Divers	Spécificités	AASQA	Sites	Non
Données météorologiques	Température	Températures minimale et maximale	Météo France	Site/Jour	Non
Données météorologiques	Température	Températures minimale et maximale	Anses	Site/semaine	Non
Données météorologiques	Vent	Force du vent et direction	Météo France	Site/h	Non
Données météorologiques	Vent	Vent fort	SpFrance/Anses	Site/semaine	Modélisation
Données météorologiques	Pluviométrie	Cumul pluie	Météo France	Site/Jour	Non
Données météorologiques	Pluviométrie	Cumul pluie	SpFrance/Anses	Site/semaine	Modélisation
Données météorologiques	Pluviométrie	Nombre de jours de pluie	SpFrance/Anses	Site/semaine	Modélisation
Environnement culturel	Distance / densité vignes	Distance à la parcelle viticole la plus proche retenue (après vérification)	ODR ou AASQA	Sites	Modélisation
Environnement culturel	Distance / densité vignes	Surface parcelle viticole la plus proche	ODR	Sites	Non
Environnement culturel	Distance / densité vignes	Indicateurs spatialisés de niveau 1 (3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m)	ODR	Sites	Description + Modélisation
Environnement culturel	Distance / densité vignes	Densité vignes (5 km)	AASQA (CLC 2018)	Sites	Description
Environnement culturel	Quantité de substance active probablement utilisée	Indicateurs spatialisés de niveau 2 (3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m)	SpFrance/Anses	Site/semaine/substance	Description + Modélisation
Environnement culturel	Quantité de substance active probablement utilisée et dérivée	Indicateurs spatialisés de niveau 3 (3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m)	SpFrance/Anses	Site/semaine/substance	Modélisation
Environnement culturel	Mode d'application du soufre	Indicateur soufre	ODR	Site	Modélisation
Environnement culturel	Densité autres cultures	Densité autres cultures consommatrices PPP (3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m)	ODR	Sites	Non
Environnement culturel	Densité autres cultures	Densité grandes cultures, vergers et zones culturales complexes (1 km et 5 km)	AASQA (CLC 2018)	Sites	Description (rayon 5 km)
Environnement culturel	AB	Part de surface de vignes AB	SpFrance (RA 2020)	Code Postal	Description
Environnement culturel	AB	Part d'exploitations AB	SpFrance (RA 2020)	Code Postal	Non
Environnement culturel	Matériel de pulvérisation	Type de matériel	UTAC	Département	Non

* Voir 7.3 du Tome 0 pour la méthode de sélection des variables retenues pour la modélisation statistique.

4 CONTAMINATION DE L'AIR AMBIANT

4.1 Contamination en zones viticoles en période de traitement

4.1.1 Rappel du protocole d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage de la campagne de mesures des échantillons d'air ambiant en zones viticoles en période de traitement est rappelée ci-dessous :

- 3 types de prélèvement (P1 pour les substances organiques semi-volatiles, P3 pour les substances minérales - cuivre et soufre, P4 pour les substances organiques polaires - glyphosate et fosétyl-aluminium) déployés sur 7 sites ;
- 1 type de prélèvement (P1 pour les substances organiques semi-volatiles) déployé sur 9 sites supplémentaires ;
- prélèvement hebdomadaire du lundi au lundi (168 h) réalisé chaque semaine entre le 28/02/2022 et le 06/09/2022.

Le laboratoire d'analyses a fourni pour chaque échantillon les résultats d'analyse pour 39 substances. Pour rappel, l'analyse de la cyfluthrine a été ajoutée à partir du 02/05/2022 (cf. 2.3.2.2).

4.1.2 Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant

4.1.2.1 Contrôles qualité des blancs de terrain

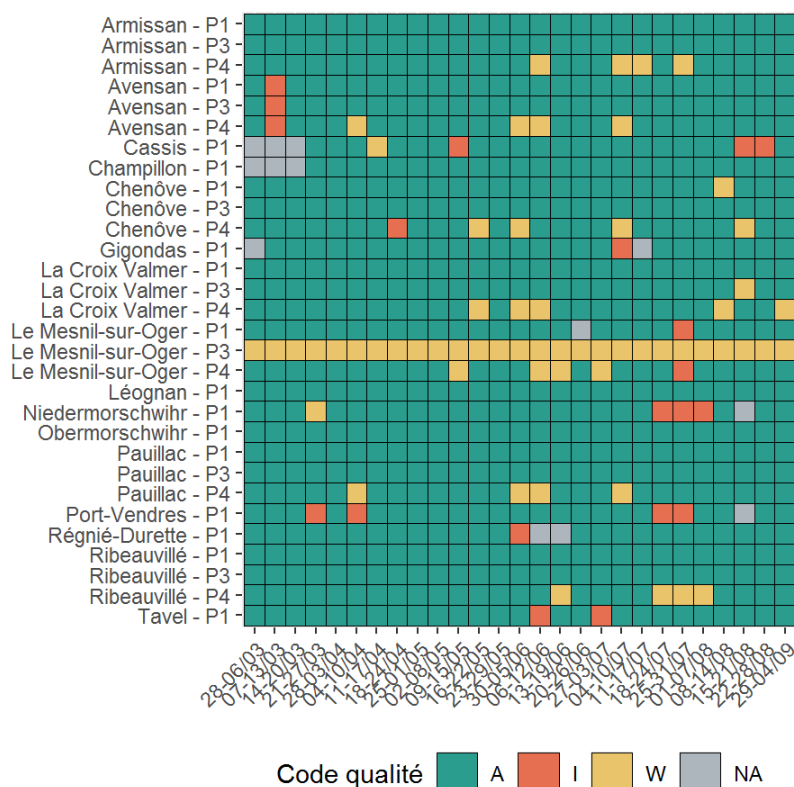
Un blanc de terrain a été réalisé par site et par type de prélèvement en début de campagne, soit 30 blancs de terrain au total (100 % de réalisation). La répartition des codes qualité globaux des 30 blancs de terrain est la suivante :

- 29 (soit 97 %) sont exploitables (conformes) ;
- 1 (soit 3 %) est exploitable « atypique ».

Le détail par site des codes qualités des blancs de terrain aux différentes étapes (prélèvement, analyse et au global) ainsi que les résultats d'analyse sont présentés en Annexe 13.

4.1.2.2 Contrôles qualité des échantillons d'air ambiant

797 échantillons d'air ambiant ont été collectés en zones viticoles en période de traitement sur les 810 échantillons prévus au plan d'échantillonnage (98 % de mise en œuvre). La Figure 5 permet de visualiser la répartition des codes qualités au global par site au cours du temps. Ainsi, 97 % (777 sur 797) des échantillons collectés sont exploitables, avec 90 % d'échantillons conformes (codés A) et 7 % d'échantillons dits « atypiques » (codés W).



Légende : A = conforme ; W = conforme atypique, I = invalide, NA = non réalisé

Figure 5 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Le détail du bilan qualitatif effectué pour les échantillons en période de traitement en zones viticoles (dont le bilan des codes qualités après les étapes de prélèvement et d'analyse) est présenté en Annexe 13.

4.1.3 Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant

4.1.3.1 Analyses quantitatives par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement

Bilan synthétique

Le Tableau 9 présente, pour chaque substance :

- le nombre d'échantillons exploitables (codés A ou W) : 403 échantillons (P1) pour les 35 substances semi-volatiles ; 188 échantillons (P3) pour le cuivre et le soufre, et 186 échantillons (P4) pour le glyphosate et le fosétyl-aluminium ;
- 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 0,004 et 0,071 ng/m^3 pour les limites de détection et entre 0,012 et 0,24 ng/m^3 pour les limites de quantification (hors soufre) ;
- les fréquences de détection et de quantification globales en zones viticoles tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement : sur les 39 substances, 33 sont détectées ($FD_{globale} > 0 \%$) et 30 sont quantifiées ($FQ_{globale} > 0 \%$) dans les échantillons d'air ambiant ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 9 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et concentrations (ng/m³) des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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)
boscalid	188425-85-6	403	0,045	0,15	4,0	1,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,34
carbétamide	16118-49-3	403	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	403	0,036	0,12	6,2	1,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	1,02
cuiivre	7440-50-8	188	0,009	0,030	100	100	0,85	1,24	2,22	3,30	4,26	7,29	42,8
cyazofamide	120116-88-3	403	0,045	0,15	11,2	4,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,16	0,94
cyfluthrine	68359-37-5	269	0,054	0,18	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cymoxanil	57966-95-7	403	0,045	0,15	24,8	24,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,14	21,6
cyperméthrine	52315-07-8	403	0,071	0,24	0,2	0,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,33
cyprodinil	121552-61-2	403	0,018	0,060	16,6	5,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	3,12
deltaméthrine	52918-63-5	403	0,036	0,12	3,2	1,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,52
difénoconazole	119446-68-3	403	0,045	0,15	11,7	3,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	4,38
étofenprox	80844-07-1	403	0,018	0,060	2,2	1,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,45
fenhexamide	126833-17-8	403	0,045	0,15	2,5	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,54
fluopyram	658066-35-4	403	0,045	0,15	31,8	15,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	0,48	1,90
folpel	133-07-3	403	0,054	0,18	62,8	55,3	<LD	<LD	<LD	0,26	1,81	9,43	101,4
fosétyl-aluminium	15845-66-6	186	0,004	0,012	57,5	57,5	<LD	<LD	<LD	0,054	0,78	4,52	202,4
glyphosate	1071-83-6	186	0,011	0,037	87,1	36,0	<LD	<LD	<LQ	<LQ	0,048	0,11	0,28
indoxacarbe	173584-44-6	403	0,045	0,15	1,5	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,26
iprovalicarbe	140923-17-7	403	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	403	0,018	0,060	4,7	1,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,27
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	403	0,018	0,060	4,5	2,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,54
mépanipryme	110235-47-7	403	0,045	0,15	1,0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
métalaxyl	70630-17-0	403	0,045	0,15	3,7	0,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,25
métrafénone	220899-03-6	403	0,045	0,15	15,4	5,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	10,2
myclobutanil	88671-89-0	403	0,036	0,12	0,2	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
napropamide	15299-99-7	403	0,018	0,060	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
oryzalin	19044-88-3	403	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	403	0,018	0,060	48,9	28,8	<LD	<LD	<LD	<LD	0,072	0,27	0,89
propyzamide	23950-58-5	403	0,018	0,060	13,9	2,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	0,11
pyriméthanil	53112-28-0	403	0,018	0,060	9,9	2,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	0,96

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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	403	0,009	0,030	0,7	0,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05
soufre	7704-34-9	188	89,3	297,6	100	85,1	297,6	<LQ	<LQ	444,3	595,6	833,3	966,5
spiroxamine	118134-30-8	403	0,045	0,15	20,6	12,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,56	6,61
tau-fluvalinate	102851-06-9	403	0,045	0,15	2,2	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	1,18
tébuconazole	107534-96-3	403	0,045	0,15	12,2	2,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	0,55
thiaméthoxame	153719-23-4	403	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	403	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
trifloxystrobine	141517-21-7	403	0,036	0,12	21,6	12,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,24	1,24
zoxamide	156052-68-5	403	0,045	0,15	23,6	10,2	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,31	6,59

(a) Limite de détection calculée à partir de la limite analytique de détection (LD en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

(b) Limite de quantification calculée à partir de la limite analytique de quantification (LQ en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

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 14. **Les données obtenues après application du scénario de gestion sont utilisées dans la suite de cette partie.**

Limites analytiques

L'Annexe 15 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 (168 m³) (ng/m³) ;
- 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/m³). En effet, le volume de prélèvement d'air réel dépend à la fois du débit réel de prélèvement (débit théorique = 1 m³/h) ainsi que de la durée réelle de prélèvement (durée théorique = 168 h).

La Figure 6 présente, pour chaque substance analysée (hors soufre), les paramètres de distribution principaux 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. Ce paramètre analytique ne peut toutefois pas à lui seul expliquer les résultats de contamination observés, puisque le folpel, qui est la 4^{ème} substance avec la plus grande fréquence de détection (FD = 63 %), est par exemple la 3^{ème} substance avec les limites analytiques les plus élevées.

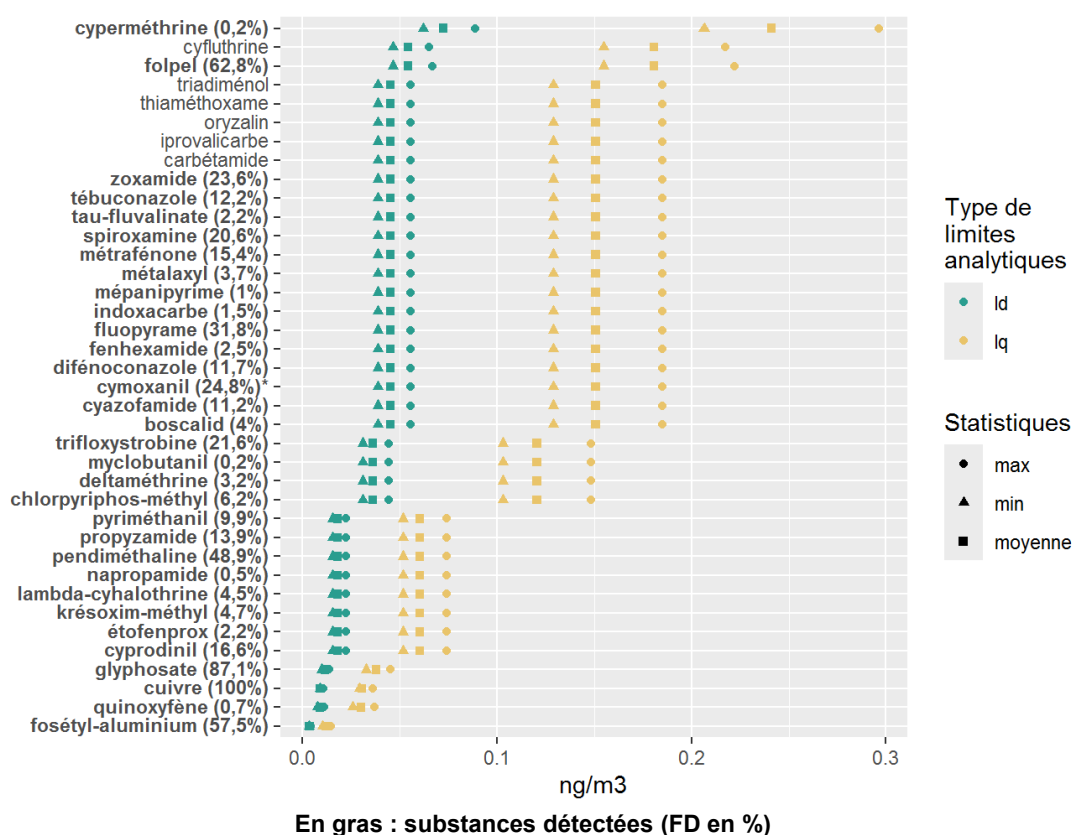


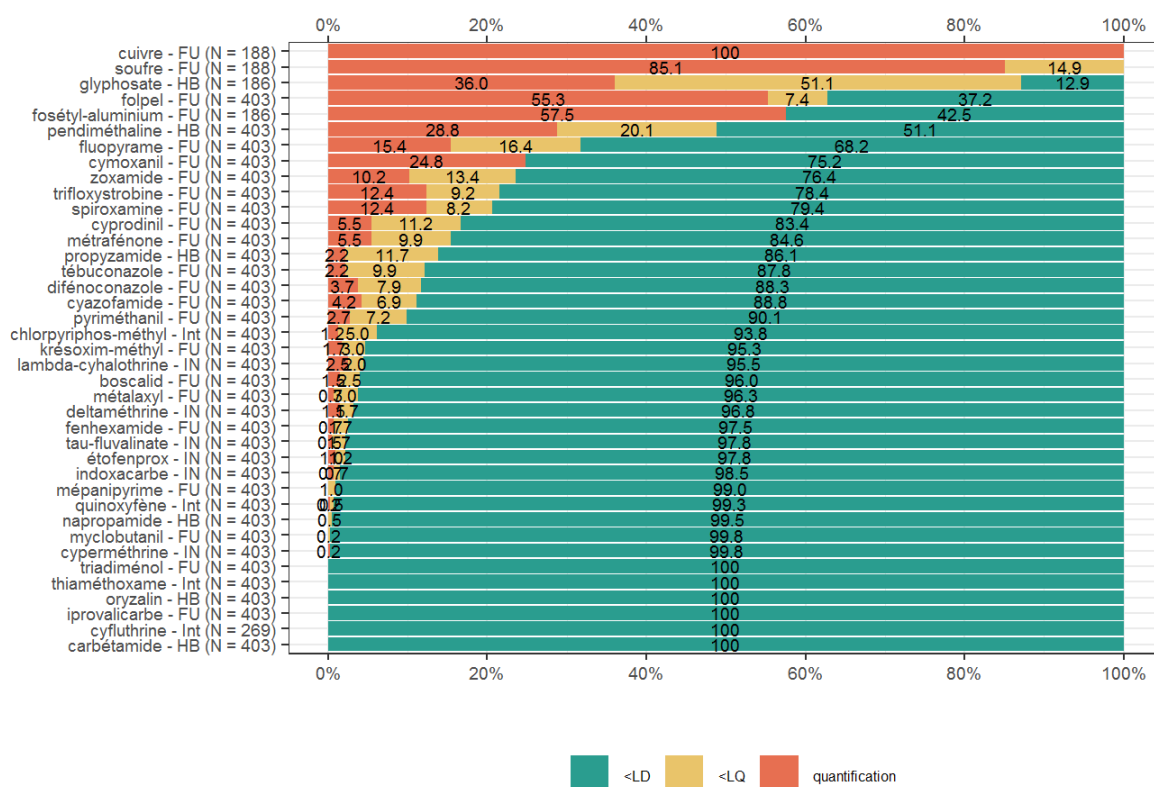
Figure 6 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m³) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Fréquences de détection et de quantification globales

La Figure 7 présente les fréquences de détection globale (FD_{globale}) et de quantification globale (FQ_{globale}) des 39 substances analysées dans les échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période de traitement. Le Tableau 10 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale (cf. Annexe 16 pour le classement selon la fréquence de détection globale).

Ainsi, sur 39 substances analysées, 33 sont détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement des vignes, dont 30 quantifiées. Le carbétamide, la cyfluthrine, l'iprovalicarbe, l'oryzalin, le thiaméthoxame et le triadiménol ne sont jamais détectés. Parmi les substances les plus quantifiées :

- 1 substance (cuivre) est systématiquement quantifiée (FQ_{globale} = 100 %) ;
- 3 substances (soufre, fosétyl-aluminium, folpel) ont une FQ_{globale} comprise entre 50 % et 100 % ;
- 3 substances (glyphosate, pendiméthaline, cymoxanil) ont une FQ_{globale} comprise entre 20 % et 50 %.



Légende : FU = fongicide ; HB = herbicide, IN = insecticide

Figure 7 : Fréquences de détection et de quantification globales des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 10 : Classement des 30 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale parmi les 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	FQ_{globale} > 0 % - 30 substances
quinoxifène	124495-18-7	0,2	
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,5	
fenhexamide	126833-17-8	0,7	
indoxacarbe	173584-44-6	0,7	
métalaxyl	70630-17-0	0,7	
étofenprox	80844-07-1	1,0	
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	1,2	
boscalid	188425-85-6	1,5	
deltaméthrine	52918-63-5	1,5	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	1,7	
propyzamide	23950-58-5	2,2	
tébuconazole	107534-96-3	2,2	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,5	
pyriméthanol	53112-28-0	2,7	
difénoconazole	119446-68-3	3,7	
cyazofamide	120116-88-3	4,2	
cyprodinil	121552-61-2	5,5	FQ_{globale} > 5 % - 13 substances
métrafénone	220899-03-6	5,5	
zoxamide	156052-68-5	10,2	FQ_{globale} > 10 % - 11 substances
spiroxamine	118134-30-8	12,4	
trifloxystrobine	141517-21-7	12,4	
fluopyram	658066-35-4	15,4	
cymoxanil	57966-95-7	24,8	FQ_{globale} > 20 % - 7 substances
pendiméthaline	40487-42-1	28,8	
glyphosate	1071-83-6	36,0	FQ_{globale} > 30 % - 5 substances
folpel	133-07-3	55,3	FQ_{globale} > 50 % - 4 substances
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	
soufre	7704-34-9	85,1	FQ_{globale} > 80 % - 2 substances
cuivre	7440-50-8	100	FQ_{globale} > 100 % - 1 substance

Le Tableau 11 détaille le nombre de sites en zones viticoles avec au moins une détection en période de traitement pour les 33 substances détectées et le nombre de sites avec au moins une quantification pour les 30 substances quantifiées. Ainsi, le folpel, le fosétyl-aluminium, le glyphosate, le cuivre et le soufre sont détectés et quantifiés au moins une fois sur la totalité des sites instrumentés pour chacune de ces substances.

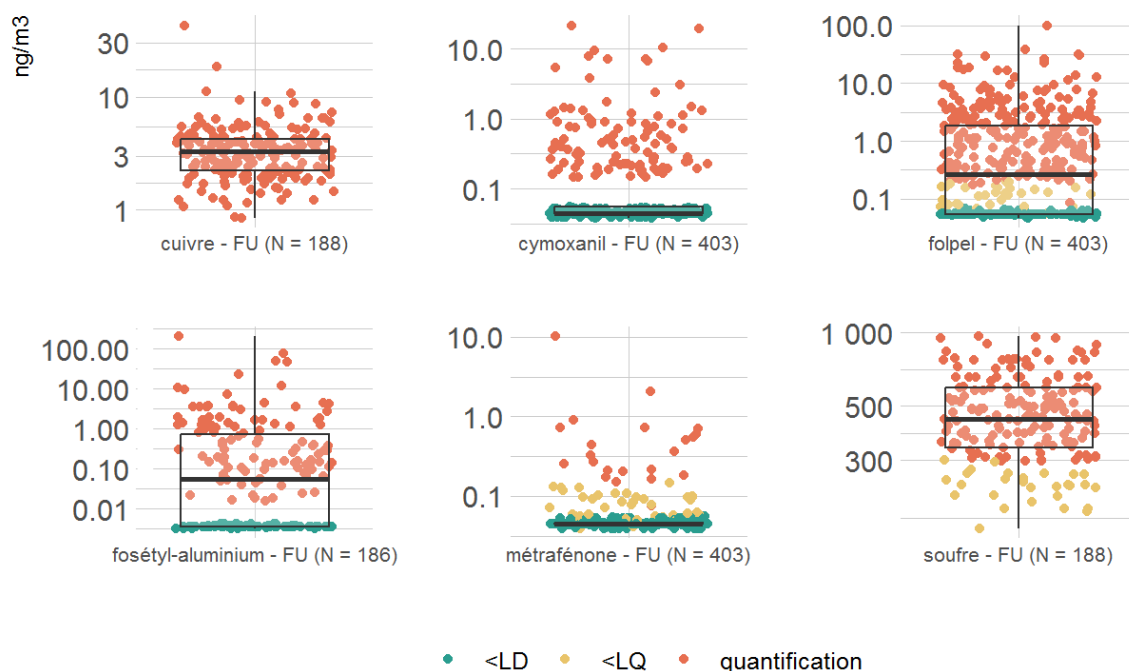
Tableau 11 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement (7 ou 16 sites instrumentés selon les substances). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une détection (/16 sites)*	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une quantification (/16 sites)
myclobutanil	88671-89-0	0,2	1	0	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	1	0,2	1
napropamide	15299-99-7	0,5	2	0	
quinoxifène	124495-18-7	0,7	3	0,2	1
mépanipyrime	110235-47-7	1,0	1	0	
indoxacarbe	173584-44-6	1,5	4	0,7	2
tau-fluvalinate	102851-06-9	2,2	7	0,5	2
étofenprox	80844-07-1	2,2	5	1,0	4
fenhexamide	126833-17-8	2,5	4	0,7	1
deltaméthrine	52918-63-5	3,2	6	1,5	3
métalaxyl	70630-17-0	3,7	8	0,7	2
boscalid	188425-85-6	4,0	5	1,5	3
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	4,5	6	2,5	4
krésoxim-méthyl	143390-89-0	4,7	8	1,7	5
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	6,2	10	1,2	3
pyriméthanil	53112-28-0	9,9	14	2,7	7
cyazofamide	120116-88-3	11,2	13	4,2	10
difénoconazole	119446-68-3	11,7	14	3,7	5
tébuconazole	107534-96-3	12,2	11	2,2	6
propyzamide	23950-58-5	13,9	13	2,2	4
métrafénone	220899-03-6	15,4	13	5,5	9
cyprodinil	121552-61-2	16,6	14	5,5	11
spiroxamine	118134-30-8	20,6	11	12,4	11
trifloxystrobine	141517-21-7	21,6	15	12,4	14
zoxamide	156052-68-5	23,6	14	10,2	13
cymoxanil	57966-95-7	24,8	13	24,8	13
fluopyram	658066-35-4	31,8	15	15,4	13
pendiméthaline	40487-42-1	48,9	14	28,8	14
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	7 (I7)	57,5	7 (I7)
folpel	133-07-3	62,8	16	55,3	16
glyphosate	1071-83-6	87,1	7 (I7)	36,0	7 (I7)
soufre	7704-34-9	100	7 (I7)	85,1	7 (I7)
cuivre	7440-50-8	100	7 (I7)	100	7 (I7)

* Sauf pour le cuivre, le soufre, le glyphosate et le fosétyl-aluminium mesurés sur 7 sites en zones viticoles

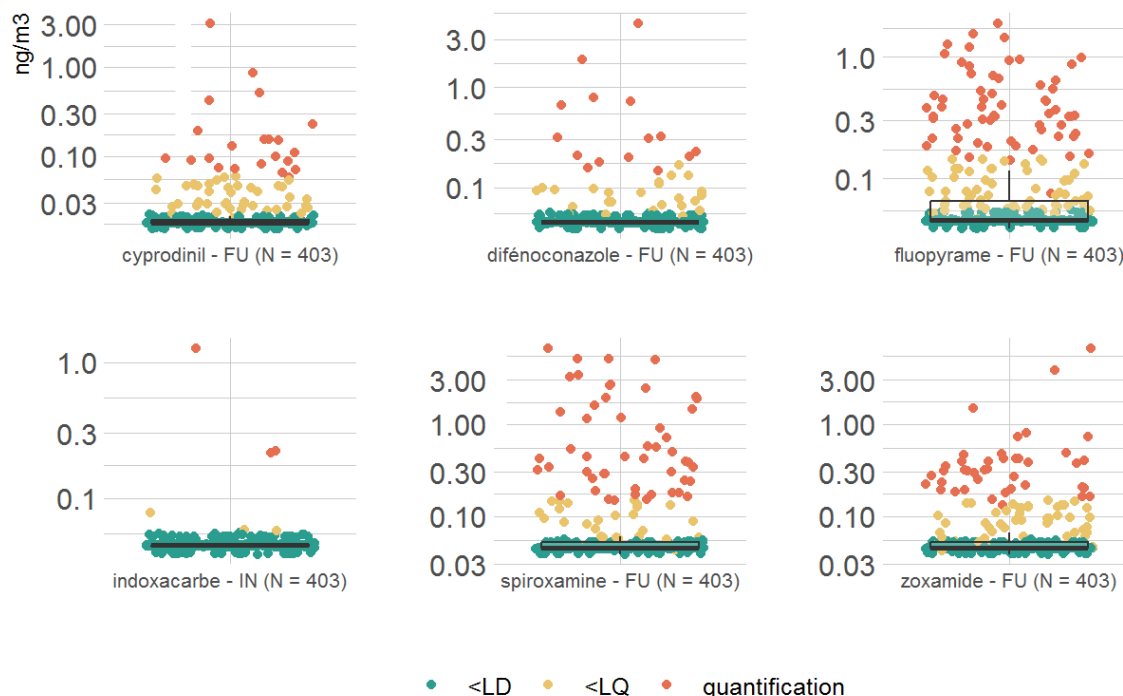
Distribution des concentrations par substance

Les Figure 8 à Figure 10 représentent les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des substances détectées (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine », cf. 2.4.1) sur l'ensemble des sites en zones viticoles pendant la période de traitement, les substances étant regroupés en 3 catégories selon leur concentration maximale ($C_{\max}$) : $C_{\max} > 10 \text{ ng/m}^3$ pour la Figure 8 ; $1,25 \text{ ng/m}^3 < C_{\max} < 10 \text{ ng/m}^3$ pour la Figure 9 ; $C_{\max} < 1.25 \text{ ng/m}^3$ pour la Figure 10.



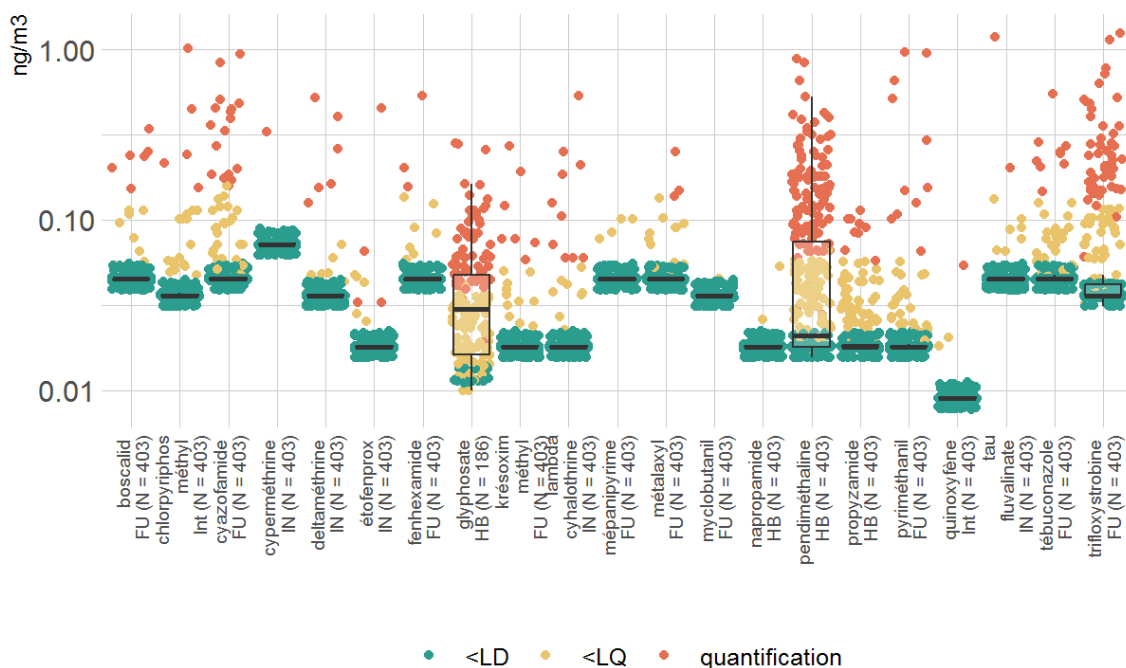
FU = fongicide ; N = nombre d'échantillons ; Échelles spécifiques à chaque composé

Figure 8 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 6 substances détectées avec une $C_{\max} > 10$ ng/m³ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.



FU = fongicide ; IN = insecticide ; N = nombre d'échantillons ; Échelles spécifiques à chaque composé

Figure 9 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 6 substances détectées avec une $1,25 \text{ ng/m}^3 < C_{\max} < 10 \text{ ng/m}^3$ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.



FU = fongicide ; IN = insecticide ; HB = herbicide ; N = nombre d'échantillons

Figure 10 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 21 substances détectées avec une $C_{\max} < 1,25$ ng/m³ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 17 présente le classement des substances en fonction respectivement de leurs concentrations moyenne (C_{moy}), médiane (P50), 95^{ème} centile (P95) et maximale ($C_{\max}$).

Focus sur les concentrations moyennes (C_{moy}) et les médianes (P50) :

Parmi les 5 substances détectées à plus de 50 % :

- 4 substances ont des concentrations moyennes supérieures à 1,0 ng/m³ ($C_{\text{moy, folpel}} = 2,3$ ng/m³, $C_{\text{moy, fosétyl-aluminium}} = 2,8$ ng/m³, $C_{\text{moy, cuivre}} = 3,8$ ng/m³, $C_{\text{moy, soufre}} = 478$ ng/m³) et 1 substance a une concentration moyenne inférieure à 0,1 ng/m³ ($C_{\text{moy, glyphosate}} = 0,04$ ng/m³) ;
- seuls le cuivre et le soufre ont des concentrations médianes supérieures à 1,0 ng/m³ ($P50_{\text{cuivre}} = 3,3$ ng/m³, $P50_{\text{soufre}} = 444$ ng/m³). Les concentrations médianes du folpel, fosétyl-aluminium et glyphosate sont comprises entre 0,03 et 1 ng/m³ ($P50_{\text{glyphosate}} = 0,03$ ng/m³, $P50_{\text{fosétyl-aluminium}} = 0,05$ ng/m³, $P50_{\text{folpel}} = 0,3$ ng/m³).

Pour les autres substances, ces deux paramètres (C_{moy} et P50) ne sont pas exploitables car trop dépendants du scénario de gestion de la censure retenu.

Focus sur les 95^{ème} centiles (P95) :

Parmi les 19 substances détectées à plus de 5 %, les 95^{ème} centiles sont :

- supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance ($P95_{\text{soufre}} = 833$ ng/m³) ;
- compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances ($P95_{\text{folpel}} = 9,4$ ng/m³, $P95_{\text{cuivre}} = 7,2$ ng/m³, $P95_{\text{fosétyl-aluminium}} = 4,5$ ng/m³).

Focus sur les concentrations maximales ($C_{\max}$) :

Parmi les 33 substances détectées, les concentrations maximales sont :

- supérieures à 100 ng/m³ pour 3 substances ($C_{\max, \text{soufre}} = 967$ ng/m³, $C_{\max, \text{fosétyl-aluminium}} = 202$ ng/m³, $C_{\max, \text{folpel}} = 101$ ng/m³) ;
- comprises entre 10 et 100 ng/m³ pour 2 substances ($C_{\max, \text{cuivre}} = 42,8$ ng/m³, $C_{\max, \text{métrafénone}} = 10,2$ ng/m³) ;²²
- comprises entre 1 et 10 ng/m³ pour 9 substances ($C_{\max, \text{chlorpyriphos-méthyl}} = 1,0$ ng/m³, $C_{\max, \text{tau-fluvalinate}} = 1,2$ ng/m³, $C_{\max, \text{trifloxystrobine}} = 1,2$ ng/m³, $C_{\max, \text{indoxacarbe}} = 1,3$ ng/m³, $C_{\max, \text{fluoyrame}} = 1,9$ ng/m³, $C_{\max, \text{cyprodinil}} = 3,1$ ng/m³, $C_{\max, \text{difénoconazole}} = 4,4$ ng/m³, $C_{\max, \text{zoxamide}} = 6,6$ ng/m³, $C_{\max, \text{spiroxamine}} = 6,6$ ng/m³).

Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des substances analysées.

Pour le chlorpyriphos-méthyl et le quinoxifène, non autorisés pendant la période d'étude (fins d'utilisation en tant que PPP respectives le 16/04/2020 et le 27/03/2020), leurs mesures (25 détections dont 5 quantifications pour le chlorpyriphos-méthyl et 3 détections dont 1 quantification pour le quinoxifène) pourraient être associées à des mésusages^{23,24}.

Les 31 autres substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures :

- **l'utilisation de ces substances sur les parcelles de vignes** localisées dans l'environnement proche et/ou éloigné des préleveurs pourrait donc expliquer les résultats de contamination observés ;
- la **contamination chronique de l'air pour le cuivre et le soufre** est avérée (FD = 100 %) ;
- une **contamination de l'air suite à des traitements sur d'autres cultures que la vigne** ne peut être exclue, puisque ces 31 substances détectées ne sont pas spécifiques de la vigne :
 - o la contamination **courte distance** suite à des traitements sur d'autres cultures que la vigne est peu probable. Pour rappel, la densité des cultures autres que la vigne et consomatrices de PPP dans un cercle de rayon de 1000 m est inférieure à 0,5 % pour l'ensemble des sites d'intérêt (cf. Annexe 6) ;
 - o la contamination **moyenne distance** est possible puisque la densité de grandes cultures dans un cercle de rayon de 5 km peut atteindre jusqu'à 40 % selon les sites (cf. Annexe 6), tout comme la contamination **longue distance**. Par exemple, la pendiméthaline et le glyphosate peuvent être utilisés sur les grandes cultures de printemps à partir de mai, puis à partir d'août pour préparer les grandes cultures d'hiver ;
- à noter qu'une **contamination associée à un usage biocide et/ou à un usage médicament vétérinaire** pendant la durée de l'enquête ne peut être exclue respectivement pour 7 substances (cuivre, cyperméthrine, deltaméthrine, étofenprox, folpel, indoxacarbe et tébuconazole) et 6 substances (cuivre, cyperméthrine, deltaméthrine, indoxacarbe, soufre et tau-fluvalinate). Toutefois, ces deux hypothèses restent difficiles à vérifier.

²² Les résultats de contamination du cymoxanil sont exclusivement exploitées sous la forme de présence/absence. La concentration maximale fournie par le laboratoire à titre indicatif se situe autour de 10 ng/m³.

²³ Pour information, le chlorpyriphos-méthyl avait des usages PPP autorisés sur vignes, cultures maraîchères et arboriculture. L'hypothèse est formulée d'une persistance de la molécule dans l'environnement (transport longue distance avéré pour cette substance, cf. Mayer *et al*, *Environ.Sci. Technol.* 2024, 58, 3342–3352). À noter que cette substance n'a pas d'usages biocides ou médicaments vétérinaires autorisés.

²⁴ Pour information, le quinoxifène avait des usages autorisés sur grandes cultures, vignes et cultures porte-graine.

- **une contamination de l'air pourrait également se produire via le sol** (volatilisation, remise en suspension de particules par exemple lors du travail du sol).

Enfin, parmi les 6 substances non détectées, 5 (bêta-cyfluthrine, carbétamide, oryzalin, thiaméthoxame et triadiménol) n'avaient pas d'usages PPP autorisés en France au moment de la campagne de mesures, dont 2 (bêta-cyfluthrine, thiaméthoxame) qui avaient tout de même des usages biocides autorisés. À noter que l'iprovalicarbe est la seule substance non détectée avec des usages PPP autorisés en France au moment de la campagne de mesures et la seule substance spécifique de la vigne. Elle est toutefois probablement peu utilisée d'après les indicateurs spatialisés de niveau 2²⁵.

Conclusion des mesures par substance en zones viticoles (16 sites) sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Sur 39 substances recherchées, 33 sont détectées, dont 30 quantifiées. 31 de ces substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

11 substances sont détectées à plus de 20 %, dont 5 substances (cuivre, soufre, glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium) au-delà de 50 %, parmi lesquelles 4 (cuivre, soufre, fosétyl-aluminium et folpel) sont quantifiées à plus de 50 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre, du fosétyl-aluminium, du folpel et du glyphosate sont respectivement de 478 ng/m³, 3,8 ng/m³, 2,8 ng/m³, 2,3 ng/m³ et 0,04 ng/m³.

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances (folpel, cuivre et fosétyl-aluminium) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 8 substances (spiroxamine, fluopyrame, zoxamide, pendiméthaline, trifloxystrobin, métrafénone, cyazofamide, glyphosate).

4.1.3.2 Analyses quantitatives par substance et par site sur l'ensemble de la période de traitement

Avertissement

Les résultats présentés dans cette partie sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par substance par site sur l'ensemble de la période de traitement est relativement limité (au nombre de 25 toutefois).

Synthèse

L'Annexe 18 décrit par substance et par site le nombre d'échantillons, les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) ainsi que les paramètres de distribution des concentrations (C_{moy}, C_{min}, P5, P25, P50, P75, P95, C_{max}) après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine » pour les sites en zones viticoles en période de traitement.

²⁵ Pour rappel, selon les indicateurs spatialisés de niveau 2, l'iprovalicarbe est probablement utilisé sur 3 des 16 sites entre début avril et mi-juillet.

Fréquences de détection et de quantification par substance et par site sur l'ensemble de la période de traitement

La Figure 11 présente les FD et FQ par site des 11 substances qui ont une FD_{globale} supérieure à 20 %²⁶ :

- le cuivre est systématiquement détecté (FD = 100 %) et quantifié (FQ = 100 %) sur les 7 sites de mesures ;
- le soufre est systématiquement détecté (FD = 100 %) avec des FQ comprises entre 74 % et 96 % sur les 7 sites de mesures ;
- le glyphosate est la troisième substance la plus souvent détectée ($78 \% \leq FD \leq 100 \%$) sur l'ensemble des 7 sites de mesures, avec des FQ comprises entre 15 % et 77 % ;
- les FD (équivalentes aux FQ) du fosétyl-aluminium sont comprises entre 35 % et 78 % sur l'ensemble des 7 sites de mesures ;
- les FD du folpel sont comprises entre 33 % et 78 % sur l'ensemble des 16 sites de mesures, avec des FQ comprises entre 11 % et 75 % ;
- les FD et FQ de la pendiméthaline sont hétérogènes entre les 16 sites avec des amplitudes de valeurs élevées ($0 \% \leq FD \leq 96 \%$ et $0 \% \leq FQ \leq 83 \%$) ;
- les FD et FQ du cymoxanil, du fluopyrame, de la spiroxamine, de la trifloxystrobine et du zoxamide sont variables selon les sites, comprises entre 0 % et environ 50 %.

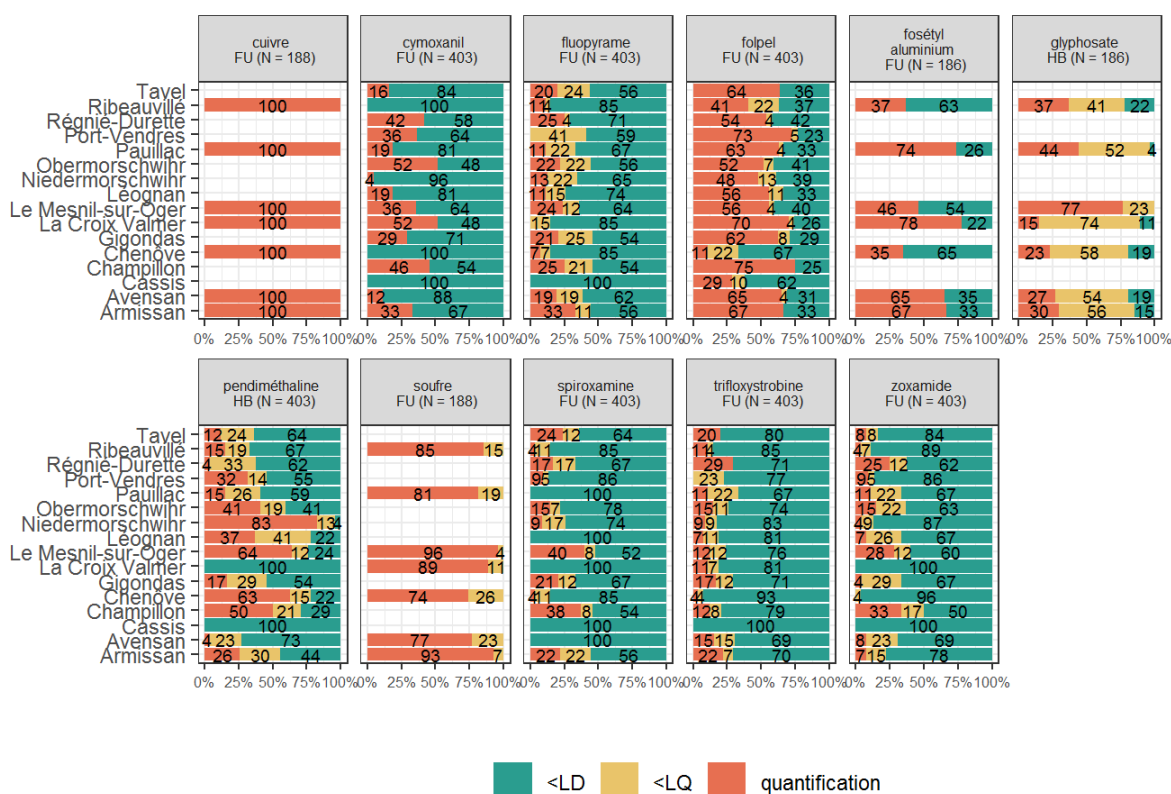


Figure 11 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 11 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Une autre représentation graphique est disponible en Annexe 19. L'Annexe 19 présente également les fréquences de détection et de quantification par site des 22 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

²⁶ À noter que ces 11 substances ont également toutes une fréquence de quantification globale supérieure à 10 %.

Concentrations par substance et par site sur l'ensemble de la période de traitement

Les distributions des concentrations par substance par site pendant toute la période de traitement pour les 33 substances détectées sont présentées en Annexe 20.

Nombre de substances détectées par site parmi les substances avec FD > 20 % tous sites confondus

Le Tableau 12 dresse le bilan du nombre de substances détectées par site parmi les substances qui ont une $FD_{globale}$ (tous sites confondus sur toute la période de traitement) supérieure à 20 %. Comme déjà constaté ci-dessus, les substances sont détectées sur tous les sites de mesures à quelques exceptions près, sauf pour le site de Cassis pour lequel seul le folpel est détecté. Sur ce site, la part de surface agricole conduite en agriculture biologique au sein du code postal du site de Cassis est estimée à 52 %. Toutefois, de façon globale, le nombre de substances détectées sur un site ne peut s'expliquer par la part de surface agricole conduite en agriculture biologique (exemple du site de Chenôve pour lequel 10 des 11 substances sont détectées malgré une part d'agriculture biologique au niveau du code postal de 98 %). Les conditions climatiques et les pressions de bioagresseurs étant différentes selon les zones géographiques, cela pourrait aussi expliquer des intensités de traitement variables entre les sites.

Tableau 12 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement par site en fonction de la part d'agriculture biologique parmi les substances avec $FD_{globale}$ (tous sites confondus) > 20 %. PestiRiv, France, 2021-2022.

		11 substances avec $FD_{globale}^* > 20\%$		
		Prélèvement P1 - 7 substances semi-volatiles	Prélèvement P3 - 2 substances (cuivre et soufre)	Prélèvement P4 - 2 substances (glyphosate et fosétyl- aluminium)
Nom du site	Part d'agriculture biologique au niveau du code postal (%)	Nombre de substances détectées par site		
Chenôve	98 %	6	2	2
Cassis	52 %	1		
Ribeauvillé	50 %	6	2	2
Tavel	35 %	7		
Obermorschwihr	33 %	7		
Niedermorschwihr	30 %	7		
Port-Vendres	29 %	7		
Gigondas	24 %	7		
La Croix-Valmer	21 %	4	2	2
Léognan	14 %	6		
Régnié-Durette	14 %	7		
Le Mesnil sur Oger	12 %	7	2	2
Pauillac	11 %	6	2	2
Avensan	9 %	6	2	2
Armissan	6 %	7	2	2
Champillon	3 %	7		

* $FD_{globale}$: fréquence de détection globale (tous sites en zones viticoles confondus en période de traitement)

Prélèvements P3/P4 non déployés

Concentrations en fonction des indicateurs spatialisés de niveau 1

L'étude de la contamination en fonction des indicateurs spatialisés de niveau 1 a pour objectif de déterminer si la surface de vignes présente dans les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m autour des sites de prélèvements d'air ambiant pourrait expliquer en partie les concentrations observées.

Toutefois, l'analyse réalisée pour plusieurs substances détectées ne permet pas de conclure sur l'influence des indicateurs spatialisés de niveau 1 sur la contamination observée. Les exemples du folpel et du fosétyl-aluminium sont illustrés en Annexe 21.

Conclusion des analyses quantitatives par substance et par site en zones viticoles sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Les substances ayant une FD supérieure à 40 % (cuivre, soufre, glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium et pendiméthaline) sont détectées sur chacun des sites, sauf pour la pendiméthaline sur les sites de Cassis et de la Croix Valmer. Le cuivre est systématiquement quantifié sur tous les sites pour lesquels il a été mesuré, le soufre y étant également majoritairement quantifié.

4.1.3.3 Distribution temporelle par substance tous sites confondus

Avertissement

Les résultats sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par substance par semaine de prélèvement est au maximum de 7 ou de 16 (correspondant aux 7 sites de mesures pour le cuivre, le soufre, le glyphosate et le fosétyl-aluminium, et aux 16 sites pour les substances organiques semi-volatiles) en période de traitement en zones viticoles.

En l'absence de données relatives à l'utilisation réelle des substances sur les différentes cultures incluses dans les zones d'intérêt de cette étude, le lien entre la détection des substances et les utilisations probables (*via* les indicateurs spatialisés de niveau 2) est décrit de manière conditionnelle.

Distribution temporelle par substance des fréquences de détection et de quantification

La Figure 12 présente par semaine les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) tous sites confondus des 11 substances qui ont une FD supérieure à 20 %²⁶ :

- pour le cuivre et le soufre, l'observation est similaire à celle formulée précédemment ;
- le glyphosate est détecté pendant la période de traitement, de mars à septembre, avec toutefois une baisse des fréquences de quantification pendant le mois de juin. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le glyphosate est utilisé pour désherber les vignes majoritairement entre mars et mai, puis de façon moins importante jusqu'à fin juillet (cf. indicateurs spatialisés de niveau 2 à l'Annexe 8). Il peut également être utilisé sur les grandes cultures de printemps à partir de mai, puis à partir d'août pour préparer les grandes cultures d'hiver. La contamination en glyphosate des sites en zones viticoles à partir de mai-juin pourrait donc être aussi due à une contamination de l'air moyenne et/ou longue distance suite à des traitements sur d'autres cultures que la vigne. Une relative persistance de la molécule dans l'air et/ou de remise en suspension dans l'air à partir des particules de sol contaminées ne peut être exclue²⁷ ;

²⁷ Cette hypothèse est cohérente avec la DT50 dans l'air et la DT50 dans le sol considérées dans le cadre des travaux de l'Anses sur la proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant (Anses 2017).

- la pendiméthaline est quantifiée pendant la période de traitement, avec un pic en mai, suivi d'une diminution jusqu'à atteindre un plateau avec une FQ relativement faible à partir de juin et jusqu'à fin août. La pendiméthaline est utilisée sur vignes pour désherber sur une période restreinte, entre mars et mi-avril. Les hypothèses en lien avec une potentielle persistance de la molécule dans l'environnement²⁸ (transport moyenne et/ou longue distance suite à des traitements sur d'autres cultures que la vigne, phénomènes locaux de remise en suspension ou de volatilisation dans l'air) pourraient donc expliquer le profil observé ;
- le folpel présente un profil de quantification très spécifique : la fréquence de quantification augmente à partir de fin avril, jusqu'à atteindre un plateau autour de 70 % à partir de juin et jusqu'à fin août. Le début de la période de quantification semble être associé à l'utilisation de la substance en tant que fongicide sur vignes pendant les mois de mai à juillet (cf. indicateurs spatialisés de niveau 2 en Annexe 8). Une potentielle persistance dans l'environnement pourrait expliquer les niveaux de contamination qui diminuent ensuite progressivement dans le temps (cf. paragraphe suivant)²⁹ ;
- la quantification du fosétyl-aluminium semble être liée à son utilisation en tant que fongicide sur la vigne, comme le suggèrent les indicateurs spatialisés de niveau 2 (cf. Annexe 8), avec la spécificité d'avoir une fréquence de quantification de 100 % sur 8 semaines consécutives pendant les mois de mai et juin. La fréquence de quantification diminue rapidement après la période de fin d'utilisation de cette substance³⁰ ;
- comme pour le fosétyl-aluminium, le cymoxanil, le fluopyrame, la spiroxamine, la trifloxystrobine et le zoxamide présentent des profils de détection qui semblent être directement liés à leur utilisation sur la vigne (cf. Annexe 8). Ces profils sont typiques de l'utilisation de fongicides sur vignes, avec un début d'utilisation en avril/mai et un pic d'utilisation autour de la floraison vers début juin. Pour ces substances, les fréquences de détection maximales sont comprises entre environ 50 % et 90 %.

²⁸ Le transport longue distance est avéré pour cette substance, cf. par exemple Mayer *et al*, *Environ.Sci.Technol.* 2024, 58, 3342–3352.

²⁹ Dans une moindre mesure, cette hypothèse est cohérente avec la DT50 dans l'air et la DT50 dans le sol considérées dans le cadre des travaux de l'Anses sur la proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant (Anses 2017).

³⁰ Cette observation est cohérente avec le document guide européen FOCUS AIR (2008) qui définit que compte tenu de sa pression de vapeur (10^{-7} Pa à 20 °C, PPDB), le fosétyl-aluminium présente un potentiel de volatilisation a priori négligeable. La DT50 du fosétyl-aluminium dans l'air, calculée selon la méthode d'Atkinson est de 1,9 jours. Le potentiel de transport atmosphérique sur de longues distances est donc considéré comme négligeable (FOCUS AIR, 2008), mais il faut noter ici que la DT50 calculée selon la méthode d'Atkinson ne prend pas en compte la partition gaz/particule qui peut modifier la dégradation des substances dans l'air. Cette valeur est donc à considérer avec précaution.



Figure 12 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour 11 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant sur les sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Les graphiques qui détaillent le nombre d'analyses et les fréquences de détection et de quantification par substance par semaine tous sites confondus sont disponibles en Annexe 22.

L'Annexe 22 présente également les fréquences de détection et de quantification des 22 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

Distribution temporelle des concentrations par substance tous sites confondus

Les Figure 13 à Figure 22 présentent les concentrations (en échelle logarithmique) par substance par semaine pour l'ensemble des sites pour les 10 substances qui ont une FD supérieure à 20 %²⁶ :

- le cuivre est quantifié avec des concentrations oscillants entre environ 1,0 et 10 ng/m³, avec 2 pics de concentration ponctuels observés au mois de juillet autour de 20 et 40 ng/m³ ;
- les concentrations du soufre oscillent entre 500 et 1000 ng/m³ tout au long de la période de traitement des vignes, sans observation de pics ;
- le glyphosate est quantifié sur une partie des sites tout au long de la période de traitement, avec des concentrations inférieures à 0,3 ng/m³ ;
- les concentrations en folpel augmentent rapidement à partir de fin avril. Les niveaux de contamination sont ensuite variables selon les sites et sont compris entre environ 0,5 ng/m³ et au maximum 35 ng/m³ fin mai, puis diminuent progressivement jusqu'à être compris entre 0,5 ng/m³ et 5 ng/m³ début septembre. La concentration maximale autour de 100 ng/m³ est observée ponctuellement début juin ;
- les concentrations en fosétyl-aluminium augmentent régulièrement à partir de début avril jusqu'à atteindre un pic mi-mai, avec une concentration maximale autour de

200 ng/m³. Les concentrations sur l'ensemble des sites sont toutes supérieures à 10 ng/m³ pendant 6 semaines consécutives entre mi-mai et fin juin. La contamination diminue ensuite progressivement jusqu'à début septembre jusqu'à des niveaux inférieurs à 0,1 ng/m³ ;

- la pendiméthaline est quantifiée sur une partie des sites tout au long de la période de traitement avec des concentrations inférieures à 1,0 ng/m³ ;
- le fluopyrame, le zoxamide, la trifloxystrobine et la spiroxamine ont un profil similaire et sont quantifiés sur une période de temps bien définie :
 - les concentrations en fluopyrame augmentent rapidement à partir de début mai. Les niveaux de contamination sont ensuite variables selon les sites et sont compris entre environ 0,2 ng/m³ et 2 ng/m³ début mai, puis diminuent doucement. Le fluopyrame n'est plus quantifié à partir de fin juillet ;
 - les concentrations en zoxamide sont variables selon les sites entre fin avril et mi-juillet, avec des niveaux compris entre environ 0,2 ng/m³ et 7 ng/m³ mi-mai ;
 - les concentrations en trifloxystrobine augmentent rapidement à partir de mi-mai. Les niveaux de contamination sont ensuite variables selon les sites et sont compris entre environ 0,1 ng/m³ et 1,3 ng/m³ début mai, puis diminuent doucement. La trifloxystrobine n'est plus quantifiée à partir de fin juillet ;
 - les concentrations en spiroxamine augmentent régulièrement à partir de fin avril jusqu'à atteindre un pic mi-juin (concentration maximale autour de 7 ng/m³). La contamination diminue ensuite progressivement jusqu'à ce que la substance ne soit plus quantifiée à partir de fin juillet.

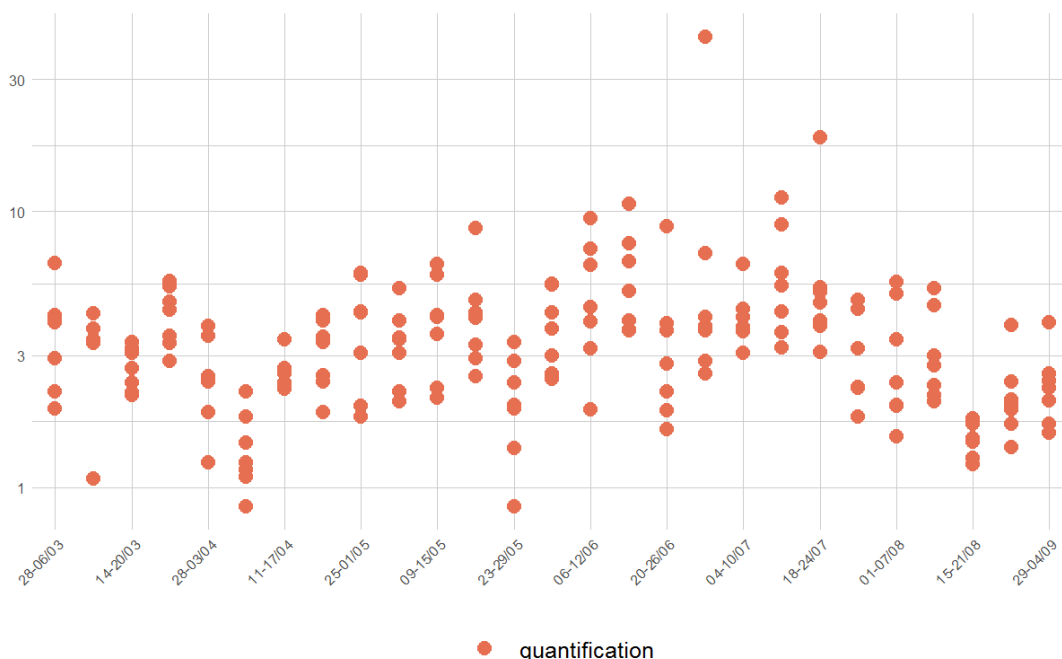


Figure 13 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

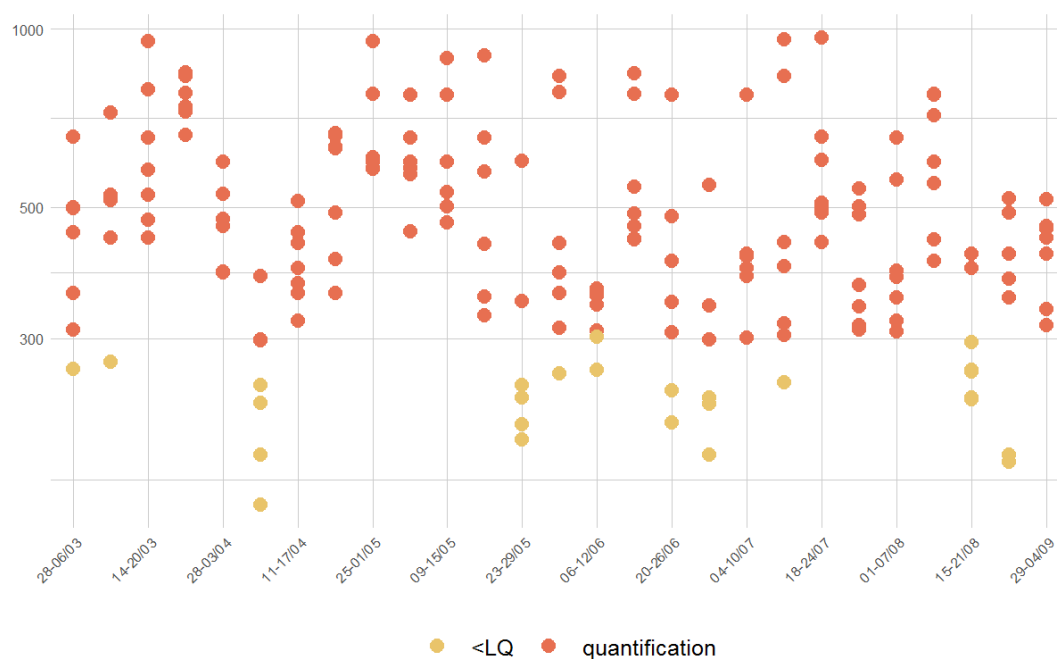


Figure 14 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

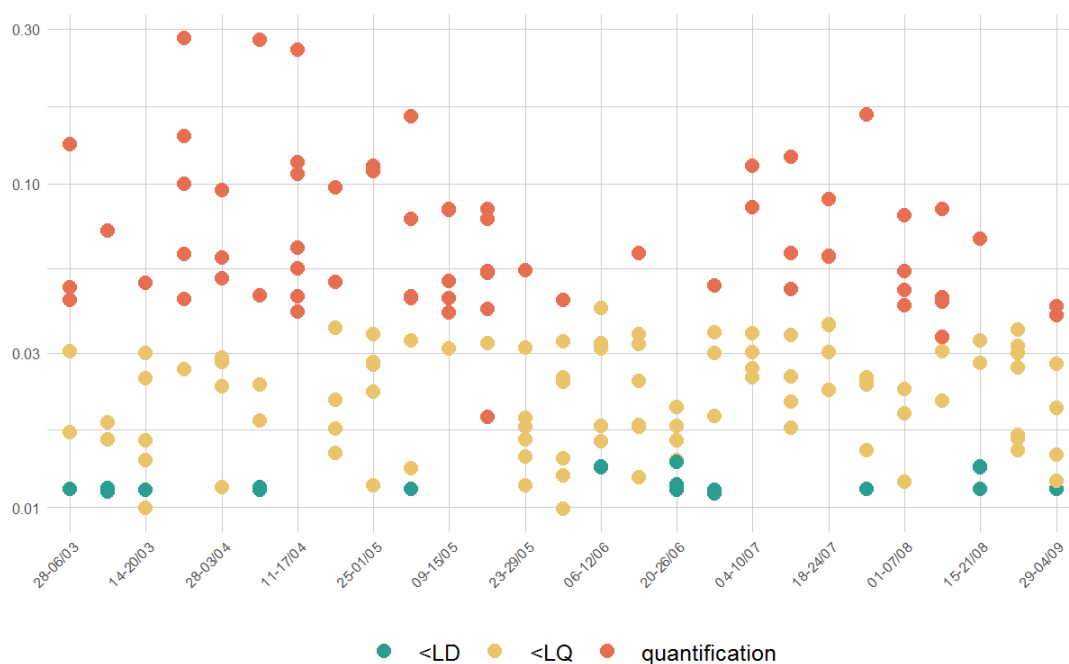


Figure 15 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

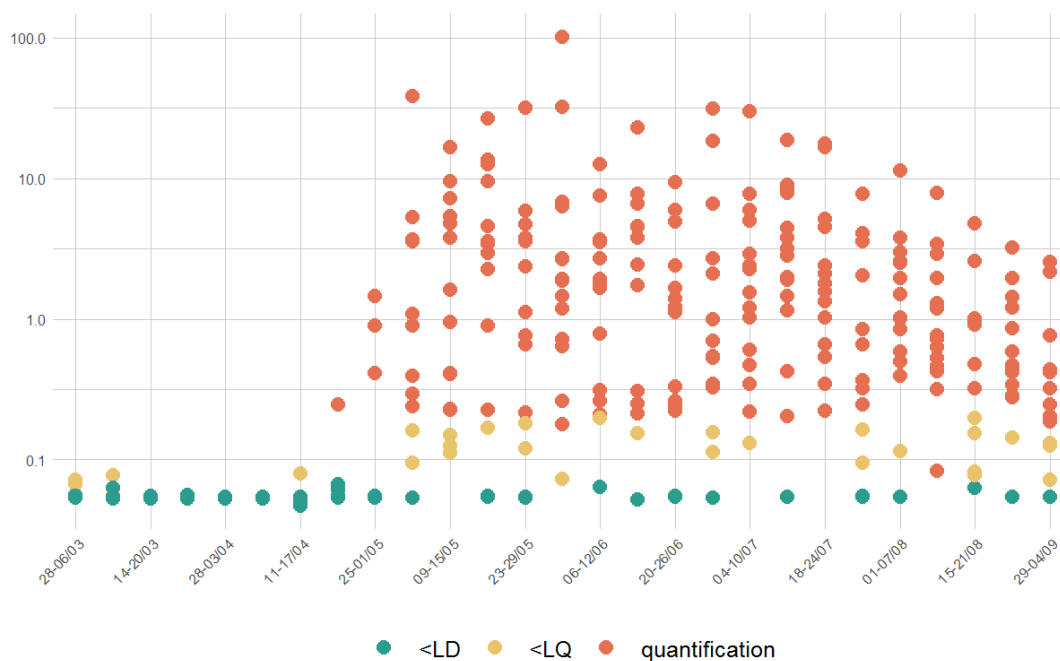


Figure 16 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du folpet par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 17 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

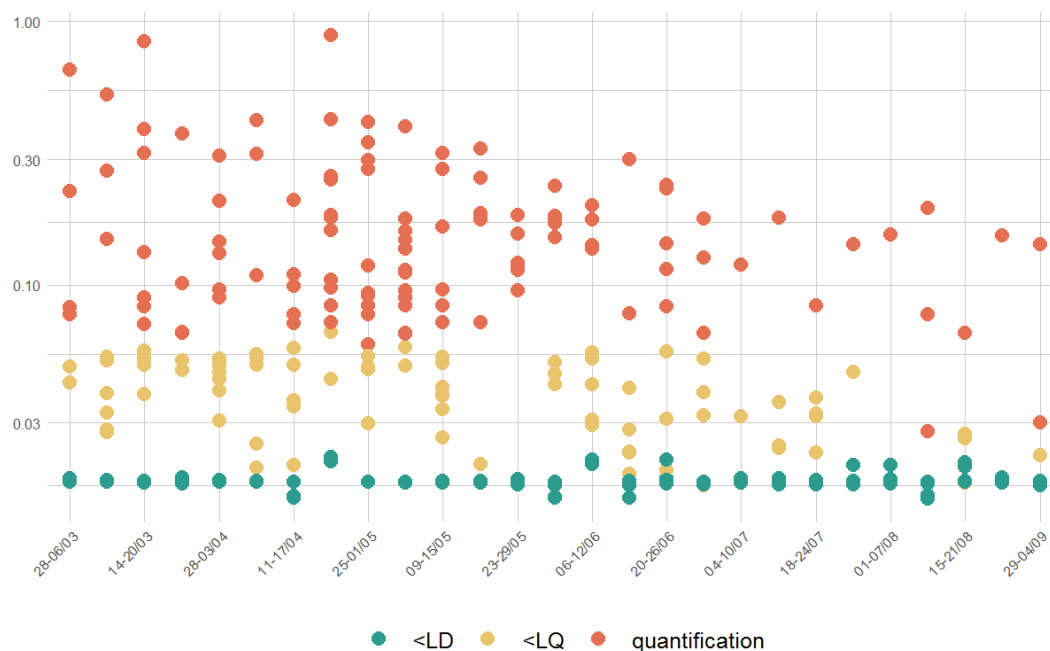


Figure 18 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

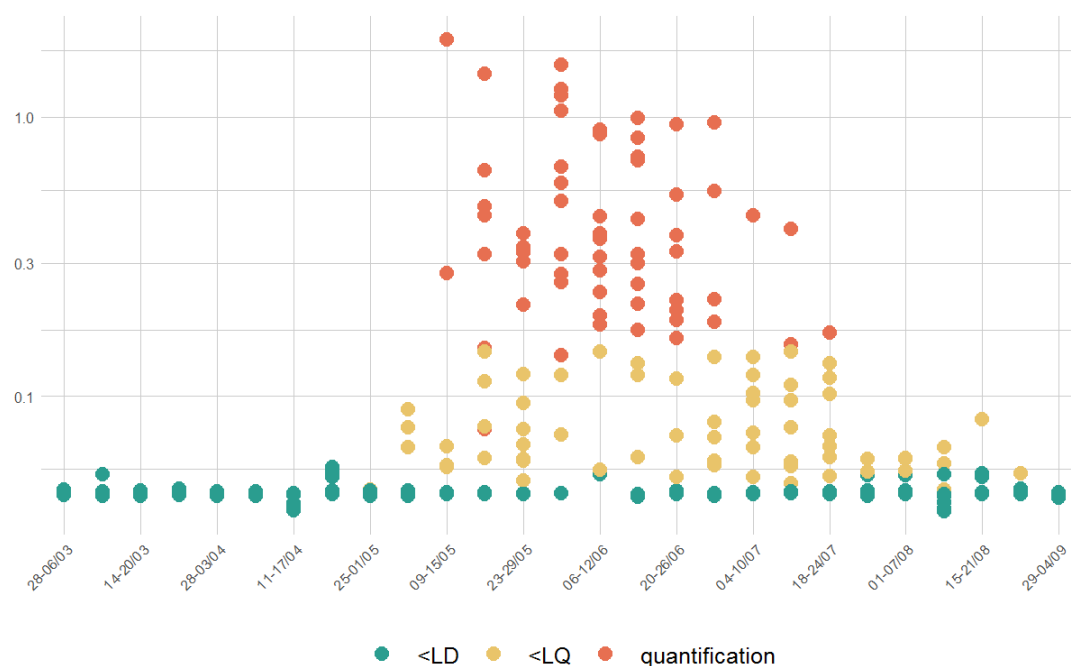


Figure 19 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du fluopyrame par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

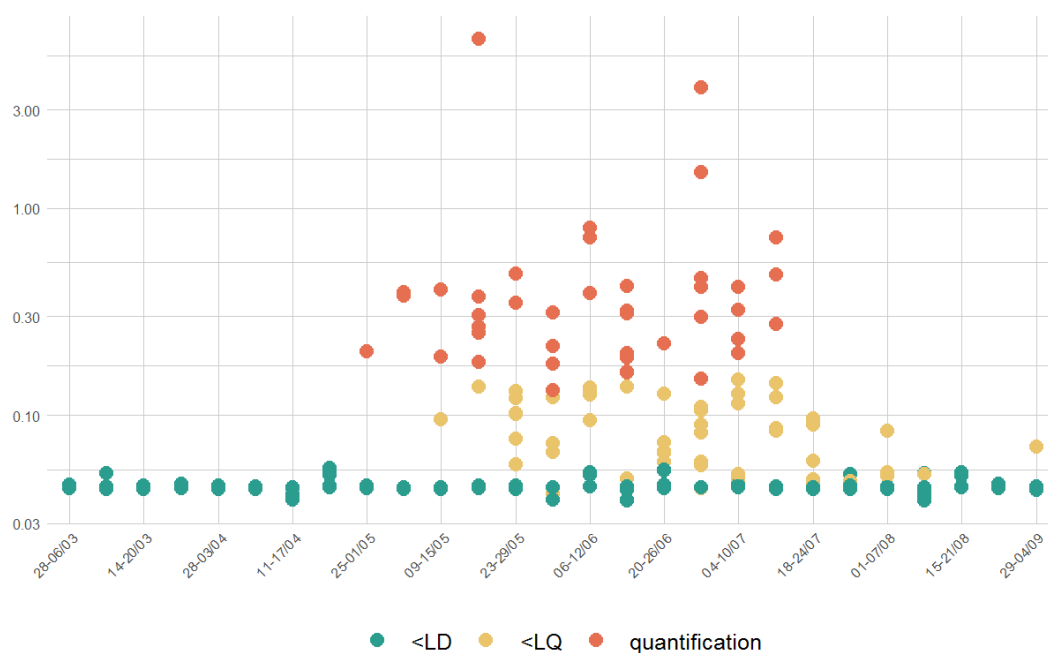


Figure 20 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du zoxamide par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

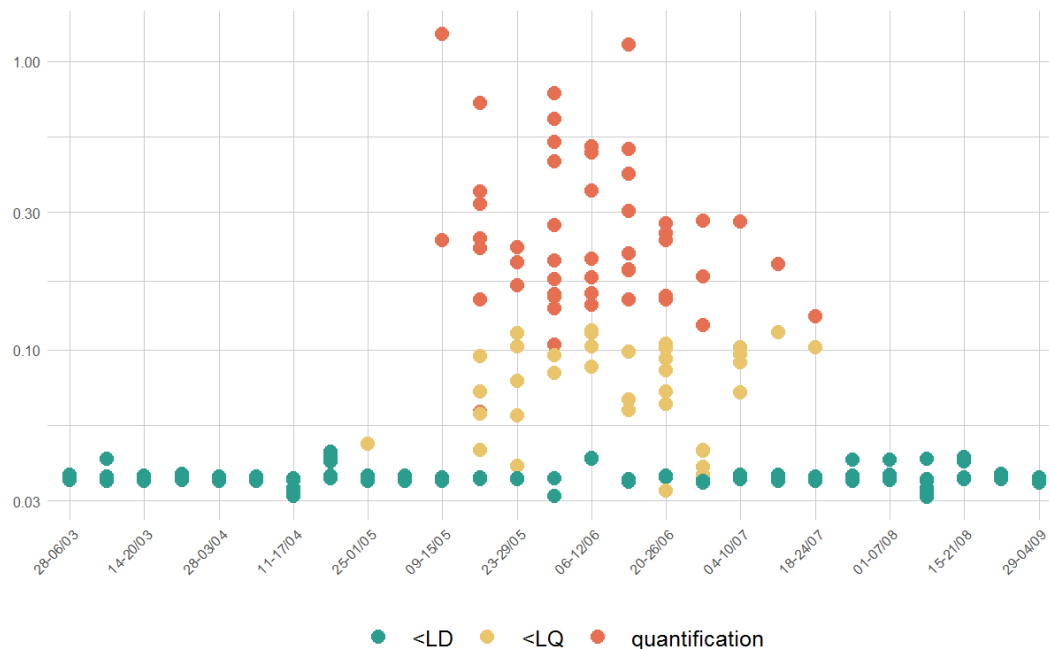


Figure 21 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la trifloxystrobin par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

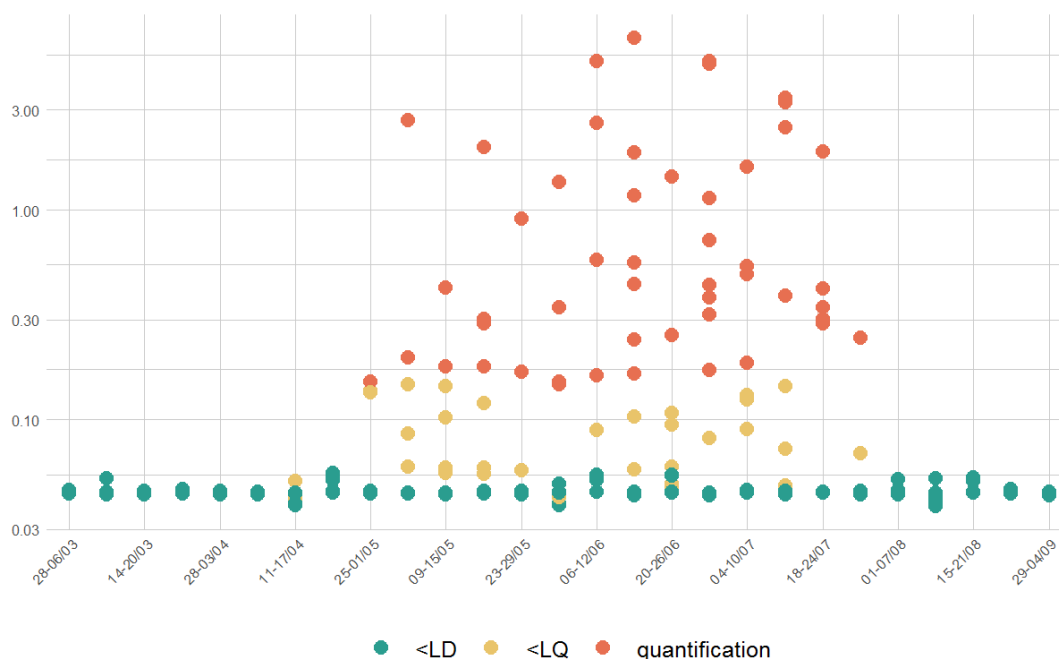


Figure 22 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la spiroxamine par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 23 présente les concentrations par substance par semaine pour l'ensemble des sites des 22 substances qui ont une FD inférieure à 20 %.

Conclusion des distributions temporelles par substance tous sites de zones viticoles confondus et en période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Pour les 11 substances ayant une FD supérieure à 20 % dans l'air ambiant tous sites de zones viticoles confondus et en période de traitement :

- le cuivre et le soufre sont systématiquement détectés et majoritairement quantifiés tout au long de la période de traitement ;
- le glyphosate et la pendiméthaline sont majoritairement détectées tout au long de cette période ;
- les autres substances (folpel, fosétyl-aluminium, cymoxanil, fluopyrame, spiroxamine, trifloxystrobine, zoxamide) sont détectées/quantifiées sur des périodes plus restreintes, correspondant aux périodes probables d'utilisation.

4.1.3.4 Distribution temporelle par site du nombre de substances détectées et quantifiées

Les Figure 23 et Figure 24 présentent respectivement le nombre de substances détectées et quantifiées par site par semaine en zones viticoles en période de traitement.

Aide à l'interprétation du graphique :

Par exemple, pour le site d'Armissan, 3 substances ont été détectées respectivement la première et la dernière semaine de prélèvement. Sur l'ensemble de la période de traitement, entre 2 et 18 substances ont été détectées par semaine sur ce site. Ce graphique permet également de positionner les résultats par rapport aux autres sites (via les lignes grises).

Au global, sur les sites en zones viticoles en période de traitement, jusqu'à 18 et 15 substances sont respectivement détectées et quantifiées sur un site par semaine de prélèvement. Le nombre de substances détectées plus faible en début de campagne sur certains sites pourrait s'expliquer par des pressions mildiou et oïdium moindres avant la floraison et des logiques de traitement correspondantes.

À noter que les sites d'Armissan, du Mesnil-sur-Oger et de Pauillac sont les trois sites qui ont le plus de substances quantifiées par semaine en période de traitement des vignes. Ces graphiques confirment également l'observation formulée au 4.1.3.2 pour le site de Cassis, qui se distingue par le très faible nombre de substances détectées quelle que soit la semaine en période de traitement (2 substances détectées et 1 substance quantifiée par semaine au maximum).

Conclusion des distributions temporelles par site viticole du nombre de substances détectées et quantifiées sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Sur les sites en zones viticoles en période de traitement, jusqu'à 18 et 15 substances sont respectivement détectées et quantifiées sur un site lors d'une semaine de prélèvement.

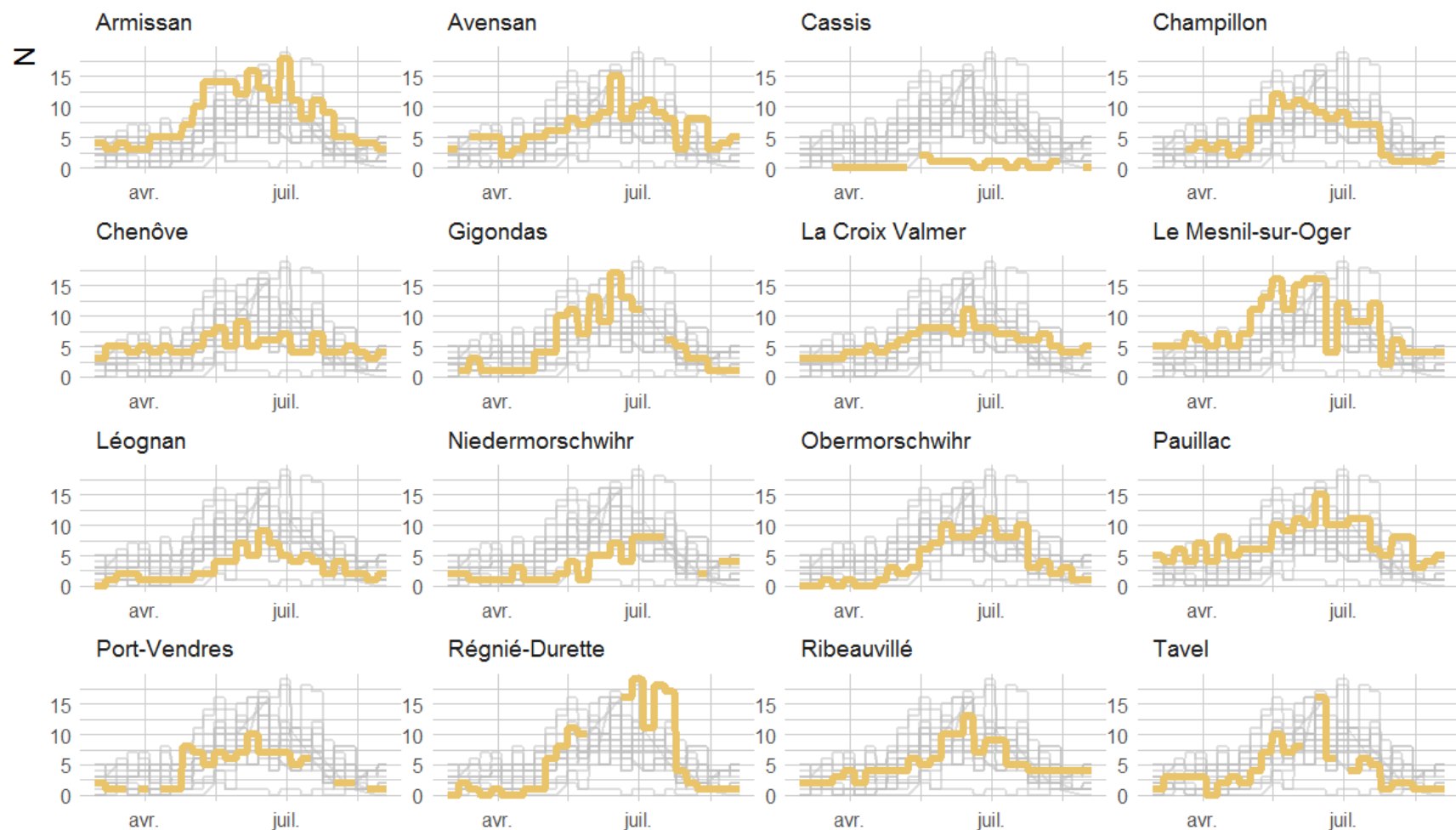


Figure 23 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

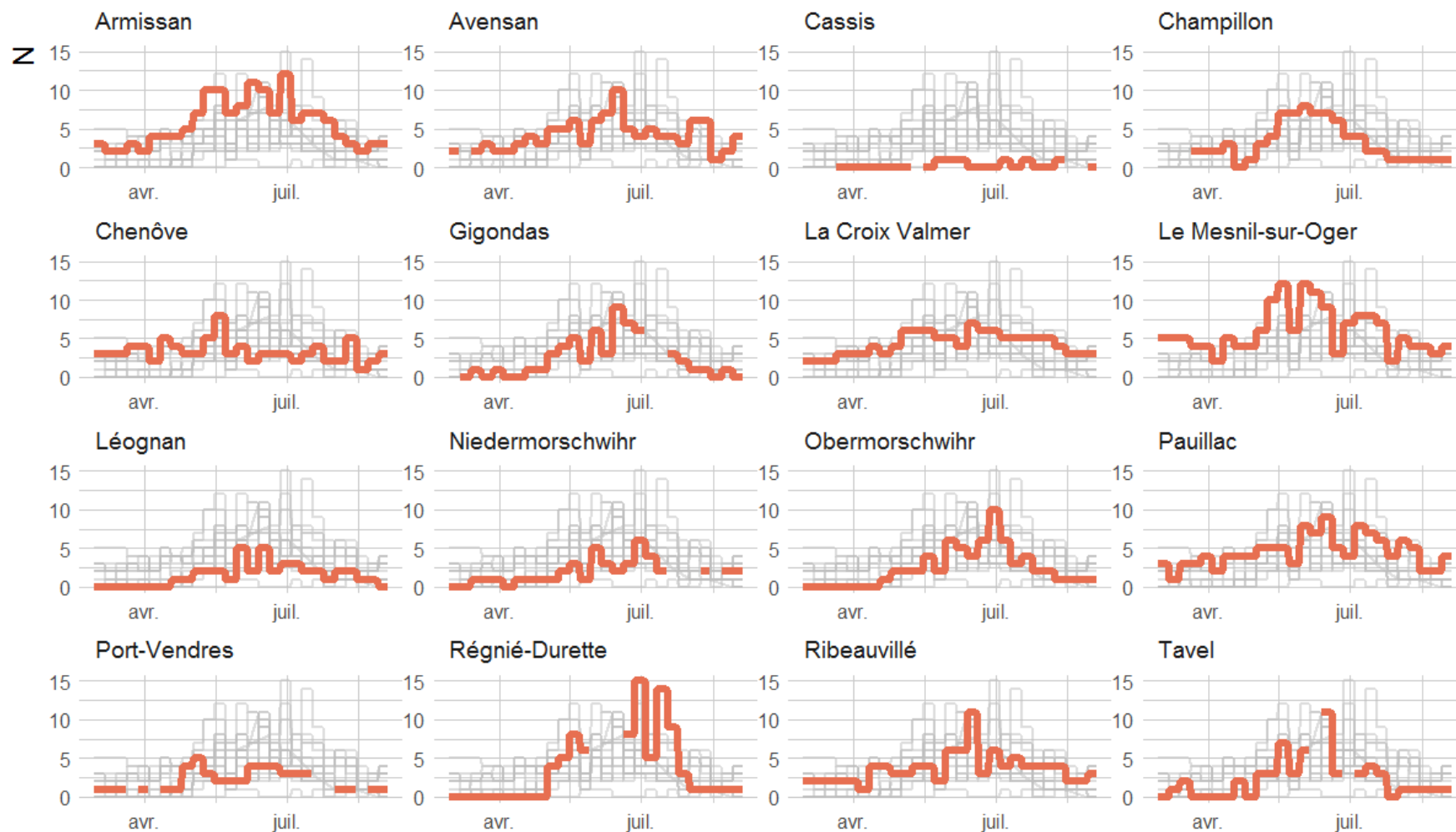


Figure 24 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

4.1.3.5 Distribution temporelle des concentrations par substance et par site

L'Annexe 24 présente les concentrations par substance par semaine par site pour les substances détectées. Une autre représentation graphique qui présente l'avantage de faciliter la comparaison entre les sites pour les 33 substances détectées est disponible en Annexe 25.

La superposition graphique de la distribution temporelle des données de concentrations de l'air ambiant par site en période de traitement avec les valeurs de l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon de 1000 m est illustrée sur les Figure 25 à Figure 34 pour les 10 substances détectées avec une FD supérieure à 20 %²⁶ (cymoxanil non illustré)²² :

- quel que soit le site, les concentrations en cuivre semblent osciller au cours du temps et varient entre environ 1 et 10 ng/m³, avec des concentrations ponctuellement comprises entre 10 et 43 ng/m³. Le lien avec les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 est difficile à établir, confirmant que les sources d'émission du cuivre sont multiples ;
- quel que soit le site, les concentrations en soufre oscillent globalement entre 300 ng/m³ et 1000 ng/m³. Bien que le lien avec les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 soit difficile à établir, les niveaux de contamination élevés en soufre sur certains sites semblent coïncider avec une pression oïdium plus importante ;
- bien que les concentrations en glyphosate soient inférieures à 0,3 ng/m³, la présence d'un pic de concentration entre avril et mai (période de destruction des couverts) est observée sur la majorité des sites, en accord avec les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2. Le site de Ribeauvillé se distingue par la présence d'un 2^{ème} pic de concentration entre mi-juillet et mi-août, à cause probablement d'une utilisation ponctuelle locale non renseignée ou d'une contamination moyenne et/ou longue distance. Enfin, les sites du Mesnil-sur-Oger et de Pauillac sont les deux sites avec le plus de quantifications ;
- les profils d'évolution des concentrations en folpel sont très similaires entre les sites, avec la quantification de la substance observée à partir de début mai et jusqu'à la fin de la période de traitement (en accord avec les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 sauf pour août). Les niveaux de contamination sont cependant variables entre les sites. À noter que les sites dont la part d'agriculture biologique est la plus importante semblent présenter les niveaux les plus faibles (Chenôve³¹, Cassis et Ribeauvillé) ;
- les profils d'évolution des concentrations en fosétyl-aluminium sont très similaires entre les sites, avec la quantification de la substance observée globalement entre début avril et jusqu'à mi-fin juillet à minima (avec une exception pour le site de Chenôve pour lequel le fosétyl-aluminium est le moins quantifié). Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 pourraient expliquer les profils de concentrations. À noter que la valeur des pics de concentrations est variable entre les sites ;
- la pendiméthaline n'a pas été détectée sur les sites de Cassis et de La Croix-Valmer. Pour les autres sites, bien que les concentrations soient inférieures à 1,0 ng/m³, des variations du profil de concentrations inter-sites et intra-sites sont observées. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 ne permettent pas d'expliquer les contaminations observées ;
- le fluopyrame n'a pas été détecté sur le site de Cassis. Pour les autres sites, les profils de concentrations sont similaires, avec un pic globalement observé entre début mai et fin juillet, et des concentrations maximales comprises par site entre 0,5 ng/m³ et 2,0 ng/m³. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 pourraient expliquer les profils de concentrations ;

³¹ Le site de Chenôve est aussi le site en zones viticoles qui a la densité de vignes la plus faible dans un cercle de rayon de 1000 m autour des préleveurs (13 %). Toutefois, il est difficile de valider cette hypothèse. En effet, en miroir, le site de La Croix-Valmer qui a une densité de vignes similaire dans un cercle de rayon de 1000 m (14 %) fait partie des sites qui a le plus de quantification (en fréquence, et en niveaux).

- le zoxamide n'a pas été détecté sur les sites de Cassis, de Chenôve et de La Croix-Valmer. Pour les autres sites, les profils de concentrations sont globalement similaires, avec une période de détection/quantification de quelques semaines, avec des concentrations maximales comprises par site variables et au maximum de 6,6 ng/m³. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 pourraient expliquer les profils de concentrations ;
- la trifloxystrobine n'a pas été détectée sur le site de Cassis. Pour les autres sites, les profils de concentrations sont similaires, avec un pic globalement observé entre début mai et mi-juillet, et des concentrations maximales comprises par site entre 0,04 ng/m³ et 1,2 ng/m³. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 pourraient expliquer les profils de concentrations ;
- la spiroxamine n'a pas été détectée sur les sites d'Avensan, de Cassis, de La Croix-Valmer, de Léognan et de Pauillac. Pour les autres sites, les profils de concentrations sont globalement similaires, avec une période de détection/quantification de quelques semaines, avec des concentrations maximales par site variables et au maximum de 6,6 ng/m³. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 pourraient expliquer les profils de concentrations.

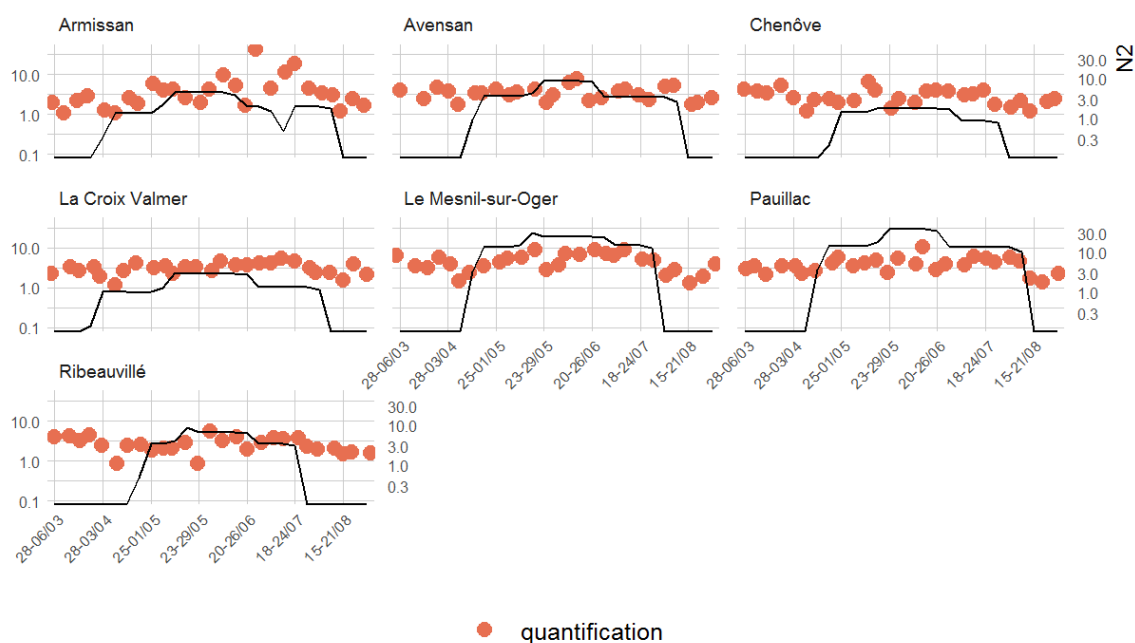


Figure 25 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du cuivre en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

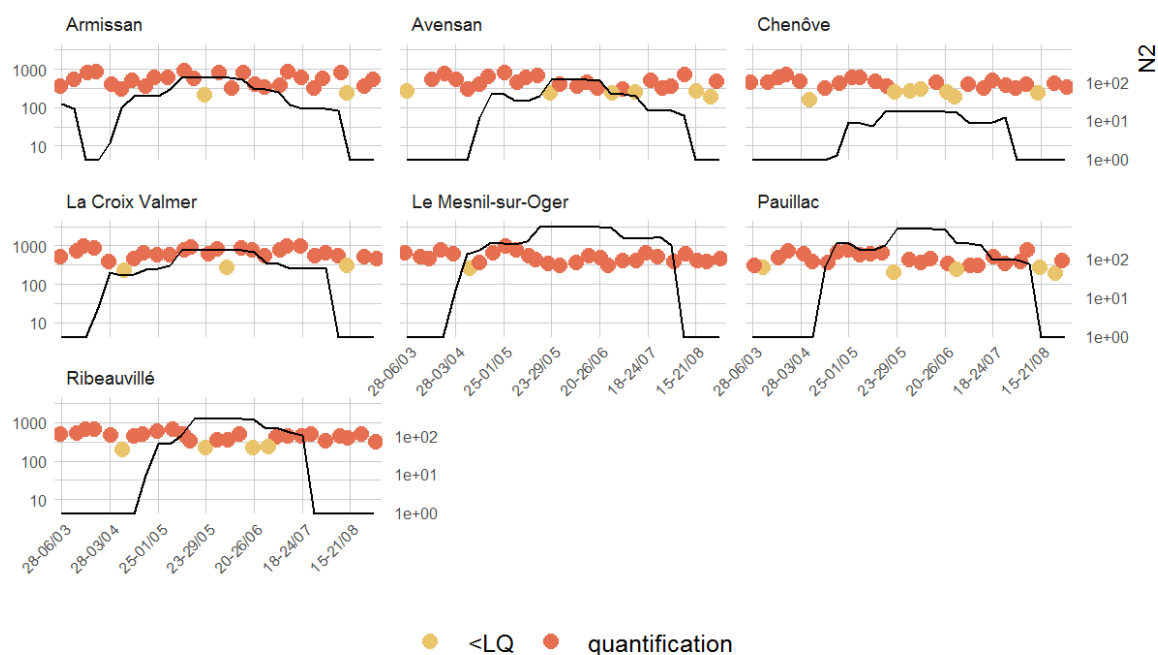


Figure 26 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du soufre en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

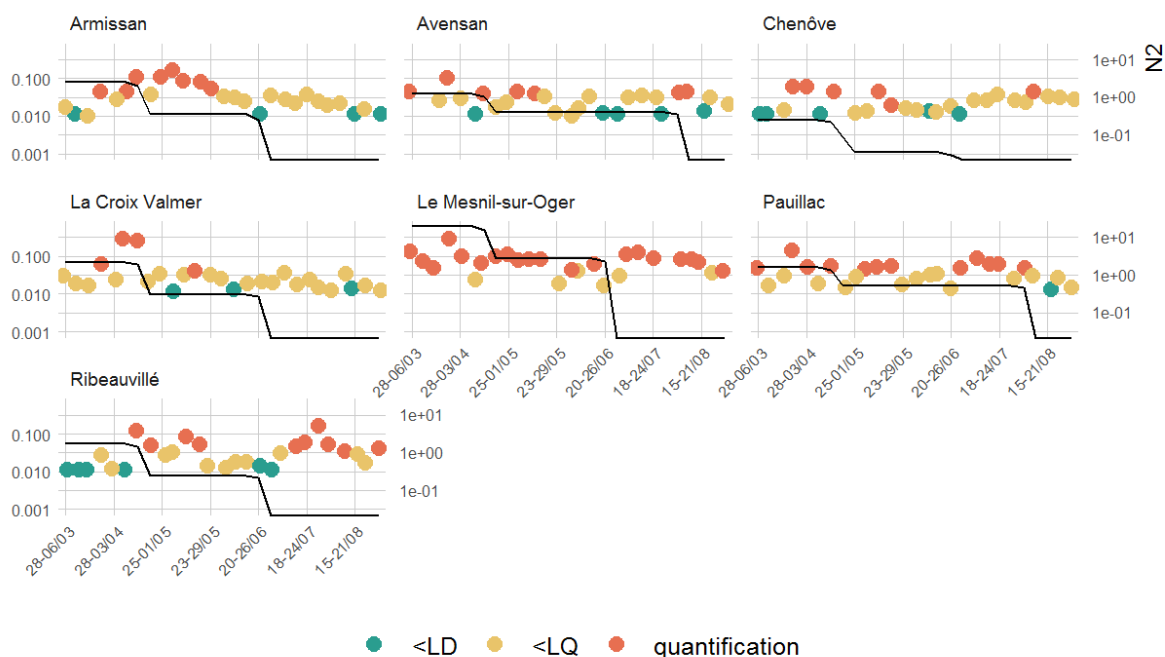


Figure 27 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du glyphosate en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

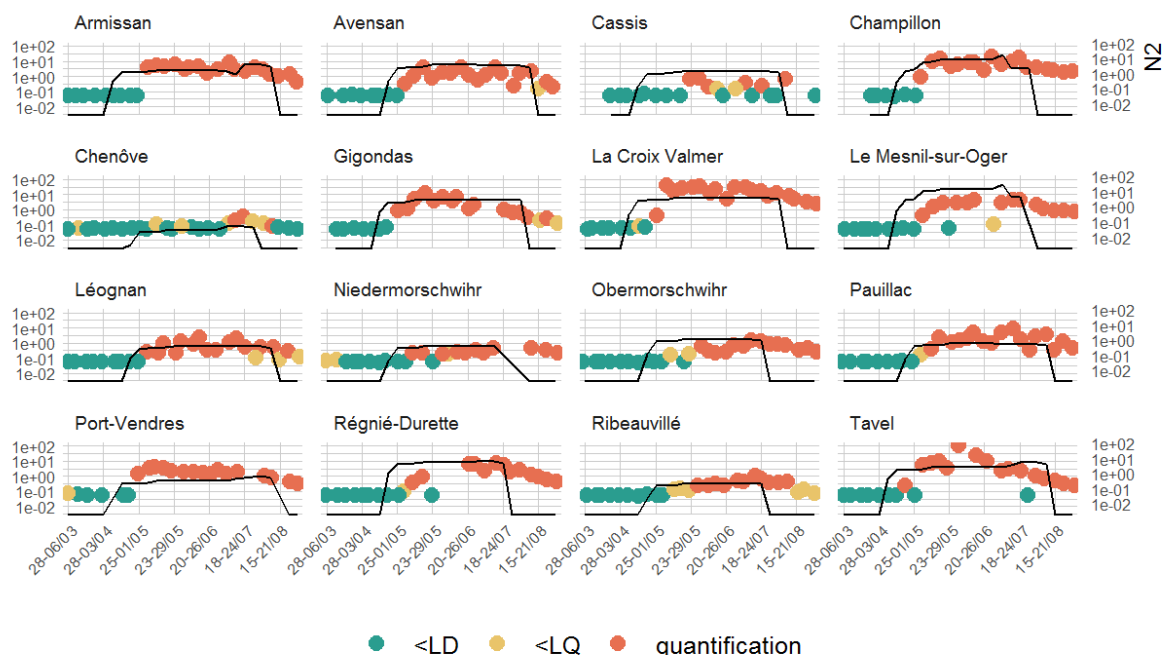


Figure 28 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du folpel en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

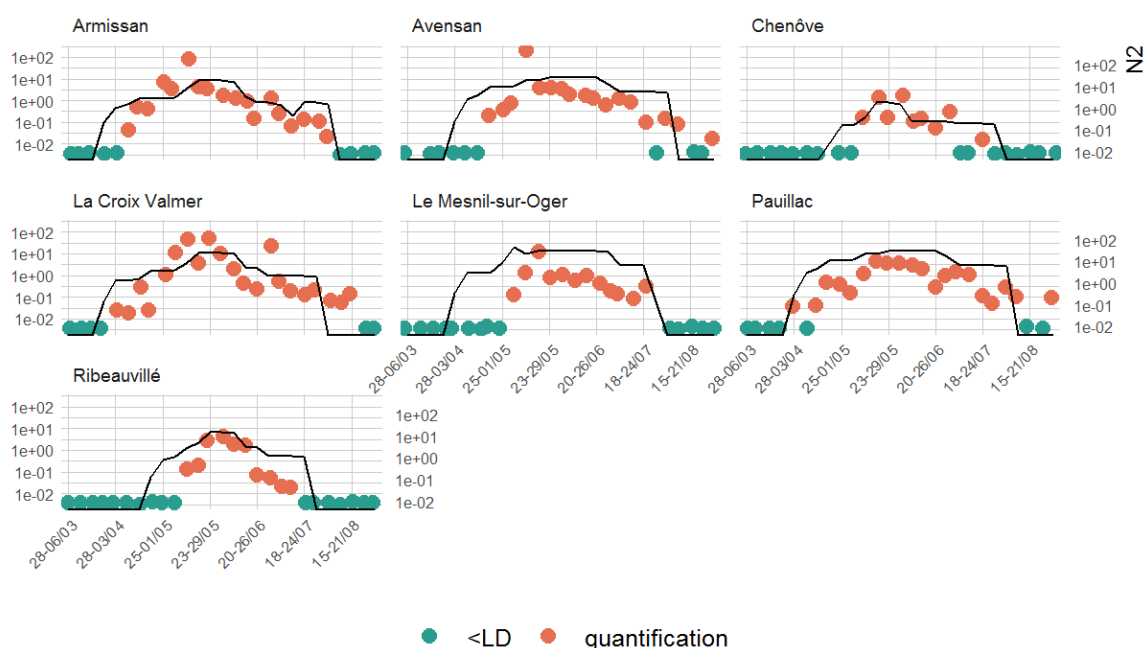


Figure 29 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du fosétyl-aluminium en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

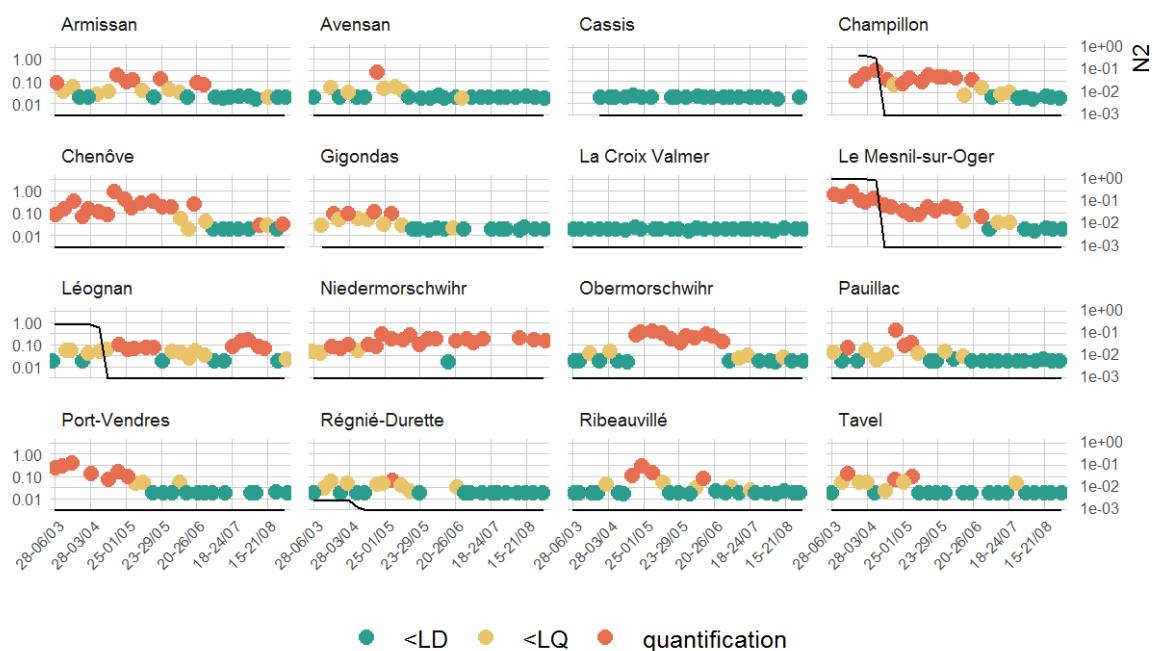


Figure 30 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la pendiméthaline en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

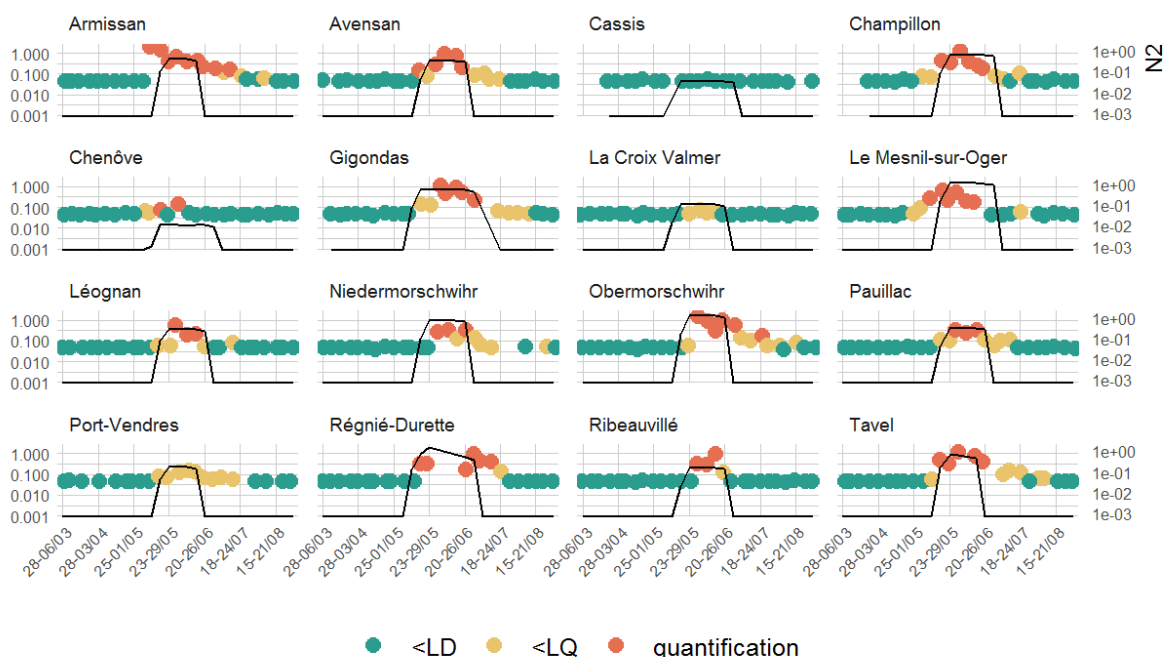


Figure 31 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du fluopyrame en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

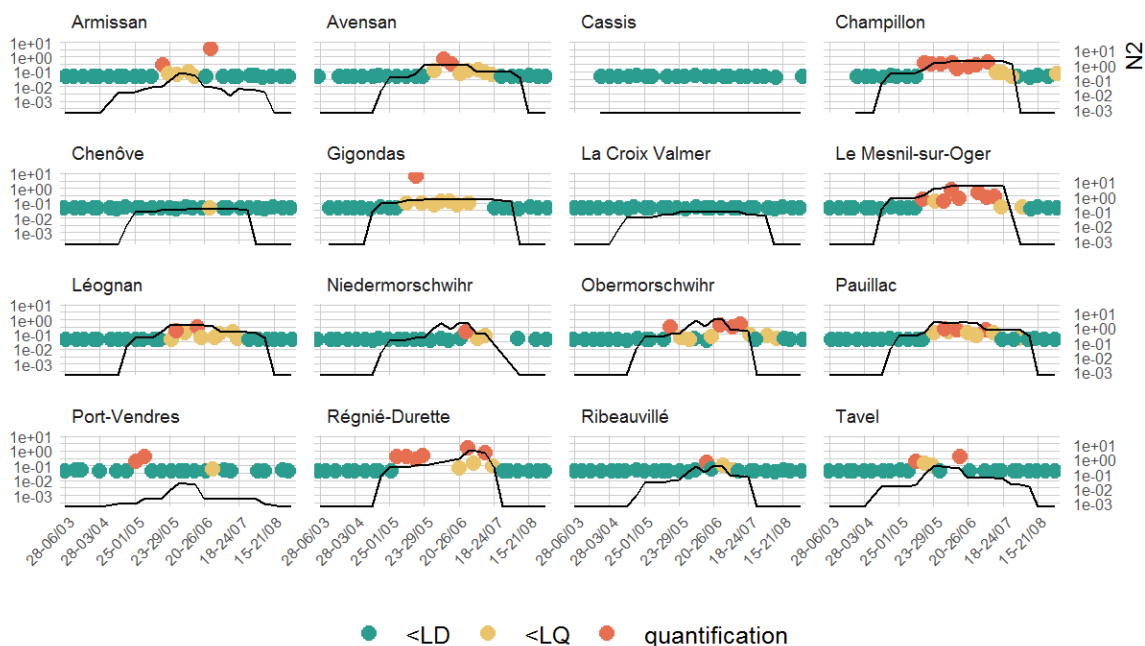


Figure 32 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m du zoxamide en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

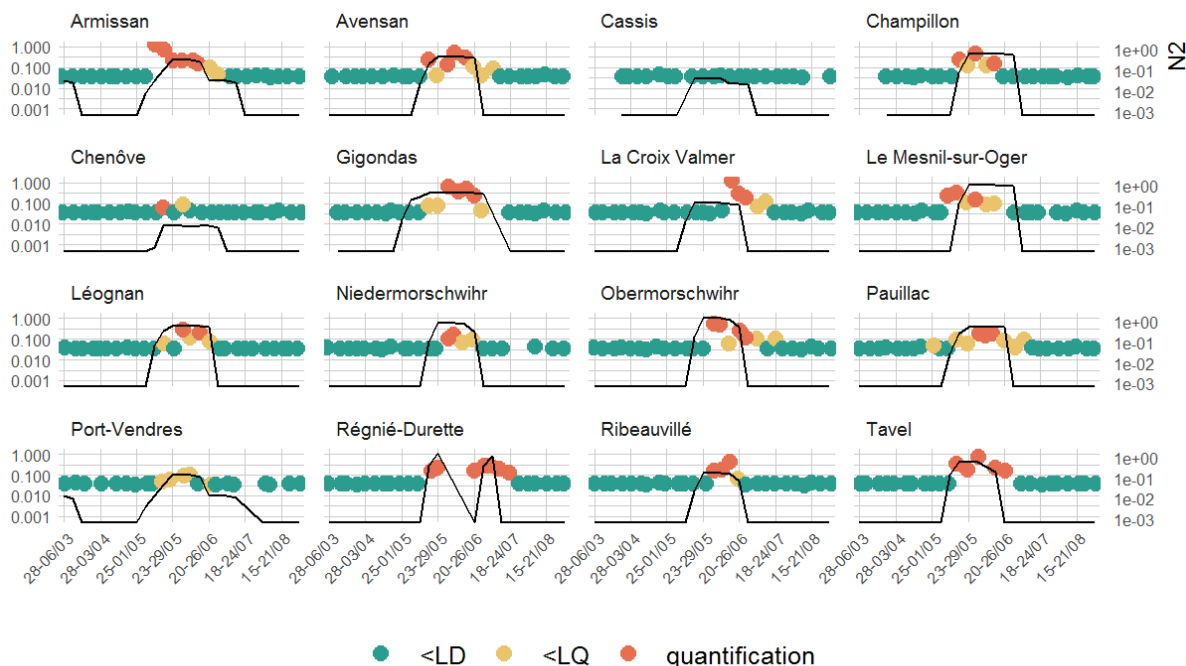


Figure 33 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la trifloxystrobine en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

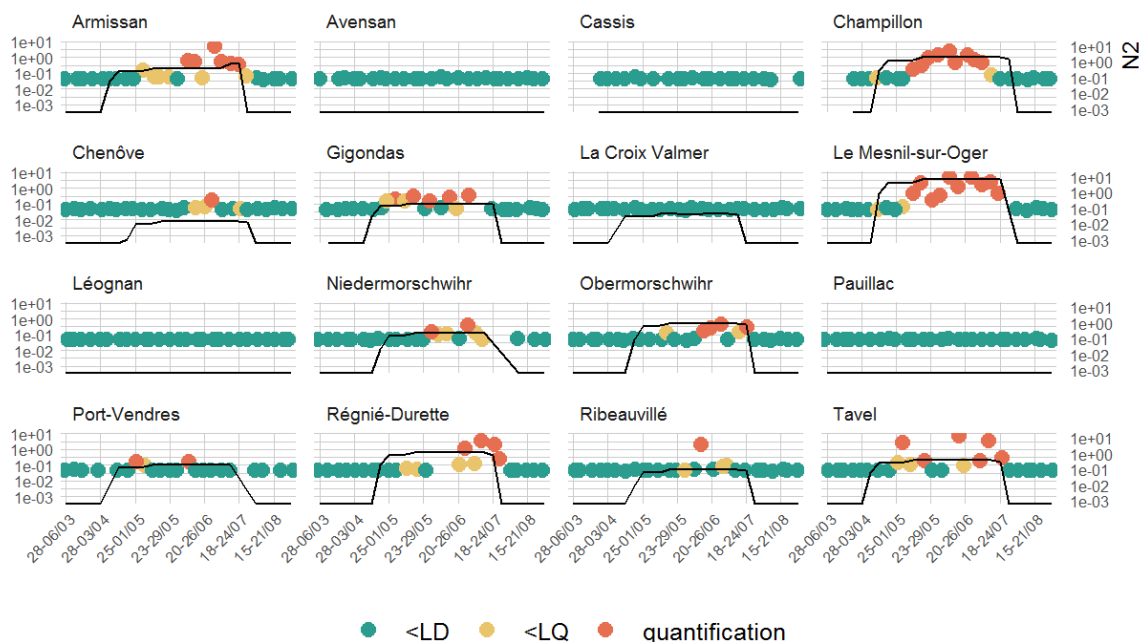


Figure 34 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) et de l'indicateur spatialisé de niveau 2 (kg) pour le cercle de rayon 1000 m de la spiroxamine en zones viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

La superposition graphique de la distribution temporelle des données de concentrations dans l'air ambiant par site en période de traitement avec les valeurs de l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon de 1000 m est disponible en Annexe 26 pour les autres substances.

Conclusion des distributions temporelles des concentrations par substance et par site en zones viticoles en période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Par substance, les profils temporels des concentrations entre les différents sites en zones viticoles en période de traitement sont globalement similaires. Les résultats de l'indicateur spatialisé de niveau 2 permettent d'expliquer ces profils sauf cas particuliers (cuivre, soufre, pendiméthaline et glyphosate).

4.2 Contamination en zones non viticoles en période de traitement

4.2.1 Rappel du protocole d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage de la campagne de mesures des échantillons d'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement est rappelée ci-dessous :

- 3 types de prélèvement (P1 pour les substances organiques « semi-volatiles », P3 pour les substances minérales - cuivre et soufre, P4 pour les substances organiques polaires - glyphosate et fosétyl-aluminium) déployés sur 7 sites ;
- prélèvement hebdomadaire du lundi au lundi (168 h) réalisé chaque semaine entre le 28/02/2022 et 20/09/2022.

Le laboratoire d'analyses a fourni pour chaque échantillon les résultats d'analyse pour 39 substances. Pour rappel, l'analyse de la cyfluthrine a été ajoutée à partir du 02/05/2022 (cf. 2.3.2.2).

4.2.2 Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant

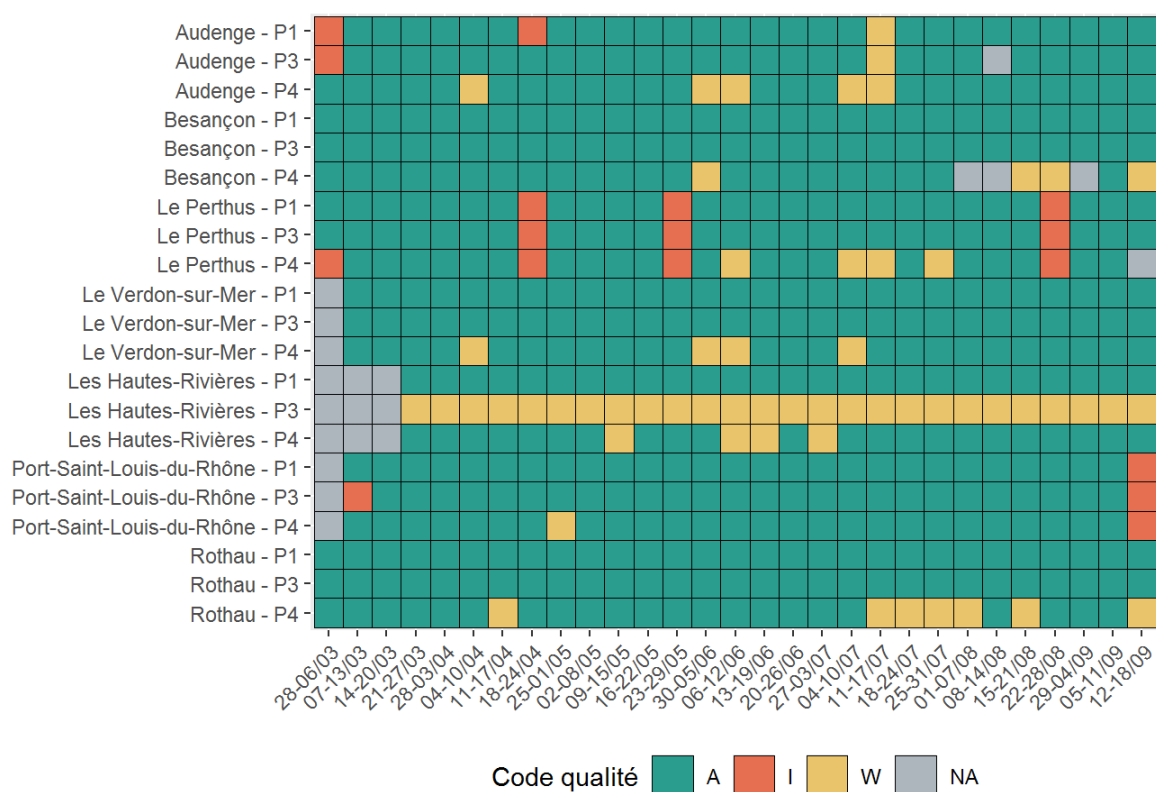
4.2.2.1 Contrôles qualité des blancs de terrain

Un blanc de terrain a été réalisé par site par type de prélèvement en début de campagne, soit 21 blancs de terrain au total (100 % de réalisation), avec 100 % des blancs de terrain exploitables (conformes).

Le détail par site des codes qualités des blancs de terrain aux différentes étapes (prélèvement, analyse et au global) ainsi que les résultats d'analyse sont présentés en Annexe 13.

4.2.2.2 Contrôles qualité des échantillons d'air ambiant

589 échantillons d'air ambiant ont été collectés en zones non viticoles en période de traitement sur les 609 échantillons prévus au plan d'échantillonnage (97 % de mise en œuvre). La Figure 35 permet de visualiser la répartition des codes qualités au global par site au cours du temps. Ainsi, 97 % (572 sur 589) des échantillons collectés sont exploitables, avec 87 % d'échantillons conformes (codés A) et 10 % d'échantillons dits « atypiques » (codés W)³².



Légende : A = conforme ; W = conforme atypique, I = invalide, NA = non réalisé

Figure 35 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

³² Pour le site Les Hautes-Rivières, cf. 2.3.4.

Le détail du bilan qualitatif effectué pour les échantillons en période de traitement en zones non viticoles (dont le bilan des codes qualités après les étapes de prélèvement et d'analyse) est présenté en Annexe 13.

4.2.3 Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant

4.2.3.1 Analyses quantitatives par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement

Bilan synthétique

Le Tableau 13 présente, pour chaque substance :

- le nombre d'échantillons exploitables (codés A ou W) : 192 échantillons (P1) pour les 35 substances semi-volatiles ; 192 échantillons (P3) pour le cuivre et le soufre, et 189 échantillons (P4) pour le glyphosate et le fosétyl-aluminium ;
- 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 0,004 et 0,071 ng/m^3 pour les limites de détection et entre 0,012 et 0,24 ng/m^3 pour les limites de quantification (hors soufre) ;
- les fréquences de détection et de quantification globales en zones viticoles tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement : sur les 39 substances, 24 sont détectées ($FD_{\text{globale}} > 0 \%$) et 9 sont quantifiées ($FQ_{\text{globale}} > 0 \%$) dans les échantillons d'air ambiant ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 13 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et concentrations (ng/m³) des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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)
boscalid	188425-85-6	192	0,045	0,15	1,0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
carbétamide	16118-49-3	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	192	0,036	0,12	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
cuiivre	7440-50-8	191	0,009	0,030	100	100	0,62	1,06	1,93	2,85	4,19	7,10	18,0
cyazofamide	120116-88-3	192	0,045	0,15	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
cyfluthrine	68359-37-5	137	0,054	0,18	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cymoxanil	57966-95-7	192	0,045	0,15	1,0	1,0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,3037
cyperméthrine	52315-07-8	192	0,071	0,24	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyprodinil	121552-61-2	192	0,018	0,060	4,2	0	<LD	<LD	<LD	0	<LD	<LD	<LQ
deltaméthrine	52918-63-5	192	0,036	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
difénoconazole	119446-68-3	192	0,045	0,15	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
étofenprox	80844-07-1	192	0,018	0,060	1,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
fenhexamide	126833-17-8	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
fluopyram	658066-35-4	192	0,045	0,15	9,9	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ	0,19
folpel	133-07-3	192	0,054	0,18	45,3	27,1	<LD	<LD	<LD	<LD	0,20	0,78	6,25
fosétyl-aluminium	15845-66-6	189	0,004	0,012	46,0	46,0	<LD	<LD	<LD	<LD	0,08	0,52	2,92
glyphosate	1071-83-6	189	0,011	0,037	75,1	15,9	<LD	<LD	<LD	<LQ	<LQ	0,06	0,43
indoxacarbe	173584-44-6	192	0,045	0,15	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
iprovalicarbe	140923-17-7	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	192	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	192	0,018	0,060	1,0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
mépanipyrime	110235-47-7	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métalaxyl	70630-17-0	192	0,045	0,15	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
métrafénone	220899-03-6	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
myclobutanil	88671-89-0	192	0,036	0,12	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
napropamide	15299-99-7	192	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
oryzalin	19044-88-3	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	192	0,018	0,060	40,6	16,7	<LD	<LD	<LD	<LQ	<LQ	0,13	0,29
propyzamide	23950-58-5	192	0,018	0,060	3,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
pyriméthanil	53112-28-0	192	0,018	0,060	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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	192	0,009	0,030	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
soufre	7704-34-9	191	89,3	297,6	100	80,2	<LQ	297,8	334,7	421,3	578,1	834,4	966,9
spiroxamine	118134-30-8	192	0,045	0,15	3,1	0,5	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,22
tau-fluvalinate	102851-06-9	192	0,045	0,15	0,5	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
tébuconazole	107534-96-3	192	0,045	0,15	3,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
thiaméthoxame	153719-23-4	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	192	0,045	0,15	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
trifloxystrobine	141517-21-7	192	0,036	0,12	1,0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
zoxamide	156052-68-5	192	0,045	0,15	1,6	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ

(a) Limite de détection calculée à partir de la limite analytique de détection (LD en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

(b) Limite de quantification calculée à partir de la limite analytique de quantification (LQ en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

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.**

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 par site et par prélèvement (ng/m^3).

La Figure 36 présente, pour chaque substance analysée (hors soufre), les paramètres de distribution principaux 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. Ce paramètre analytique ne peut toutefois pas à lui seul expliquer les résultats de contamination observés, puisque le folpel, qui est la 5^{ème} substance avec la plus grande fréquence de détection (FD = 45 %), est par exemple la 3^{ème} substance avec les limites analytiques les plus élevées.

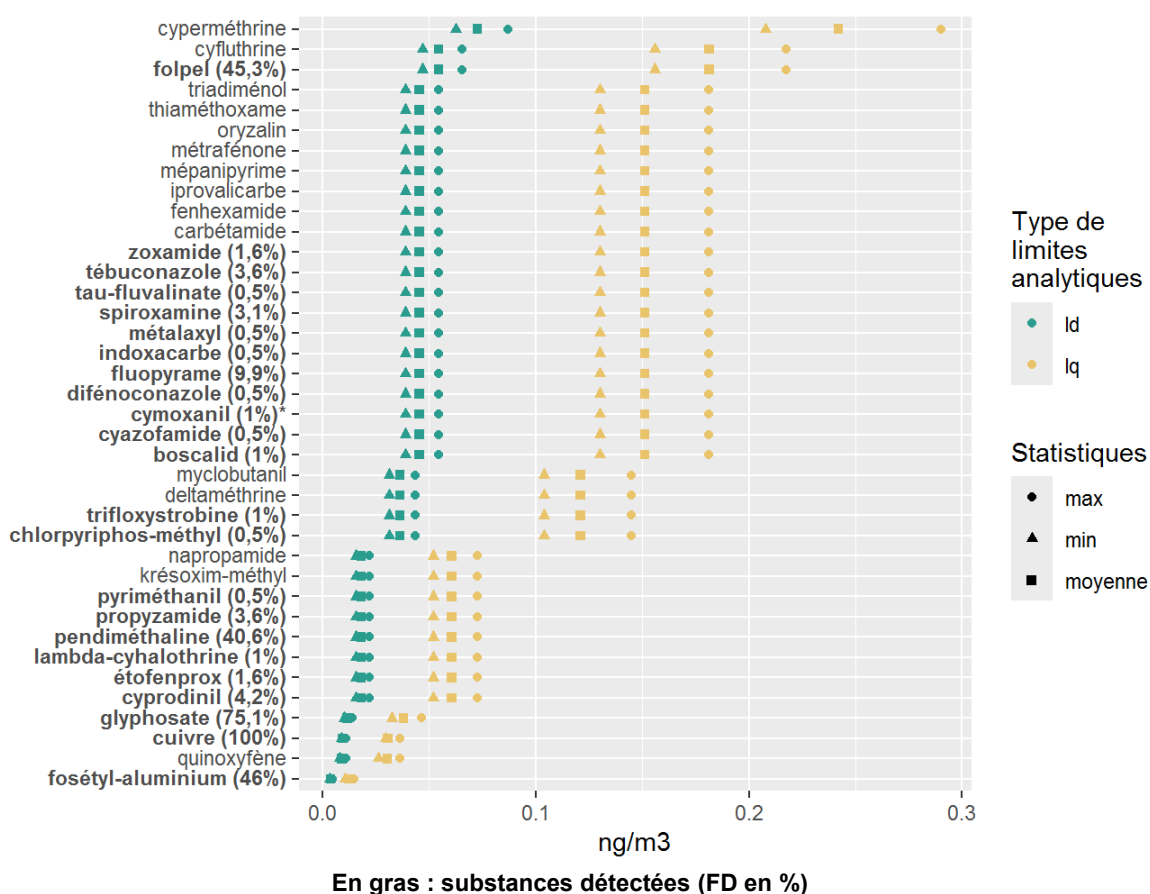


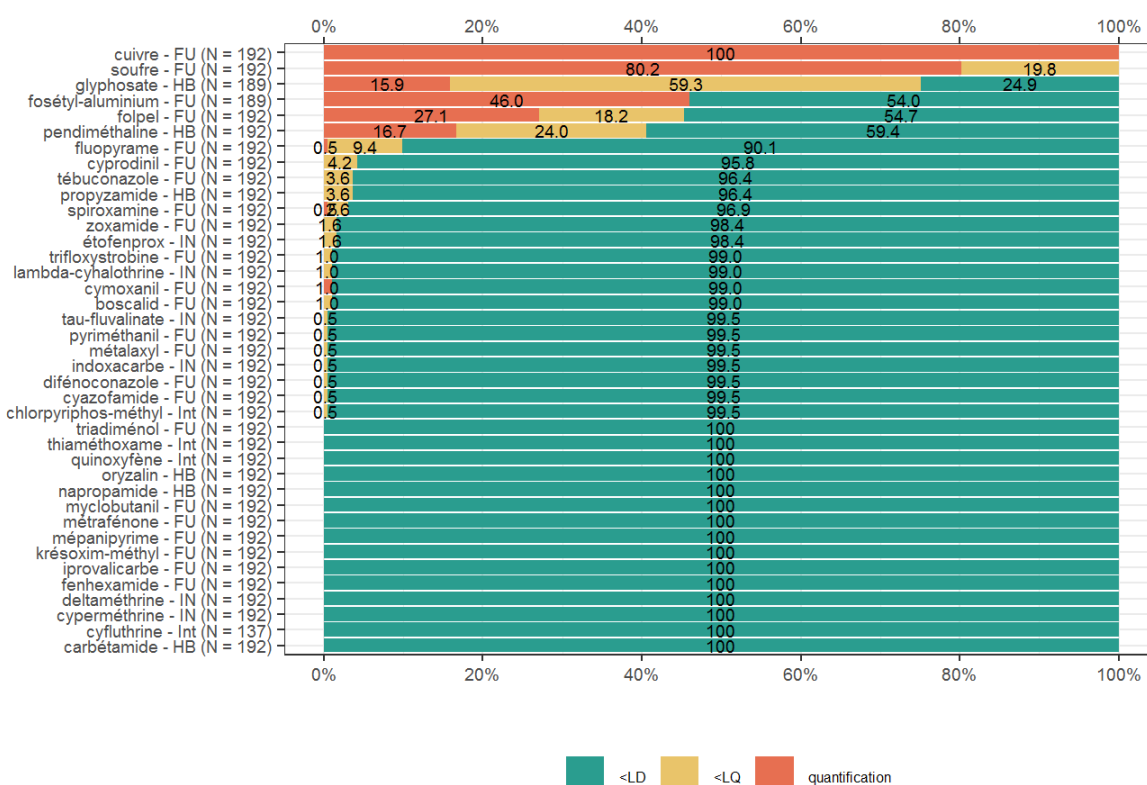
Figure 36 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m^3) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Fréquences de détection et de quantification globales

La Figure 37 présente les fréquences de détection globale (FD_{globale}) et de quantification globale (FQ_{globale}) des 39 substances analysées dans les échantillons d'air ambiant collectés en zones non viticoles en période de traitement. Le Tableau 14 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale (cf. Annexe 29 pour le classement selon la fréquence de détection globale).

Ainsi, sur 39 substances analysées, 24 sont détectées dans l'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement des vignes, dont 9 quantifiées. Parmi les substances les plus quantifiées :

- 1 substance (cuivre) est systématiquement quantifiée ($FQ_{\text{globale}} = 100\%$) ;
- 1 substance (soufre) a une FQ_{globale} comprise entre 50 % et 100 % ;
- 2 substances (fosétyl-aluminium, folpel) ont une FQ_{globale} comprise entre 20 % et 50 %.



Légende : FU = fongicide ; HB = herbicide, IN = insecticide

Figure 37 : Fréquences de détection et de quantification globales des 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 14 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale parmi les 39 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	
spiroxamine	118134-30-8	0,5	FQ > 0 % - 9 substances
fluopyram	658066-35-4	0,5	
cymoxanil	57966-95-7	1,0	
glyphosate	1071-83-6	15,9	FQ > 10 % - 6 substances
pendiméthaline	40487-42-1	16,7	
folpel	133-07-3	27,1	FQ > 20 % - 4 substances
fosétyl-aluminium	15845-66-6	46,0	FQ > 40 % - 3 substances
soufre	7704-34-9	80,2	FQ > 80 % - 2 substances
cuivre	7440-50-8	100	FQ = 100 % - 1 substance

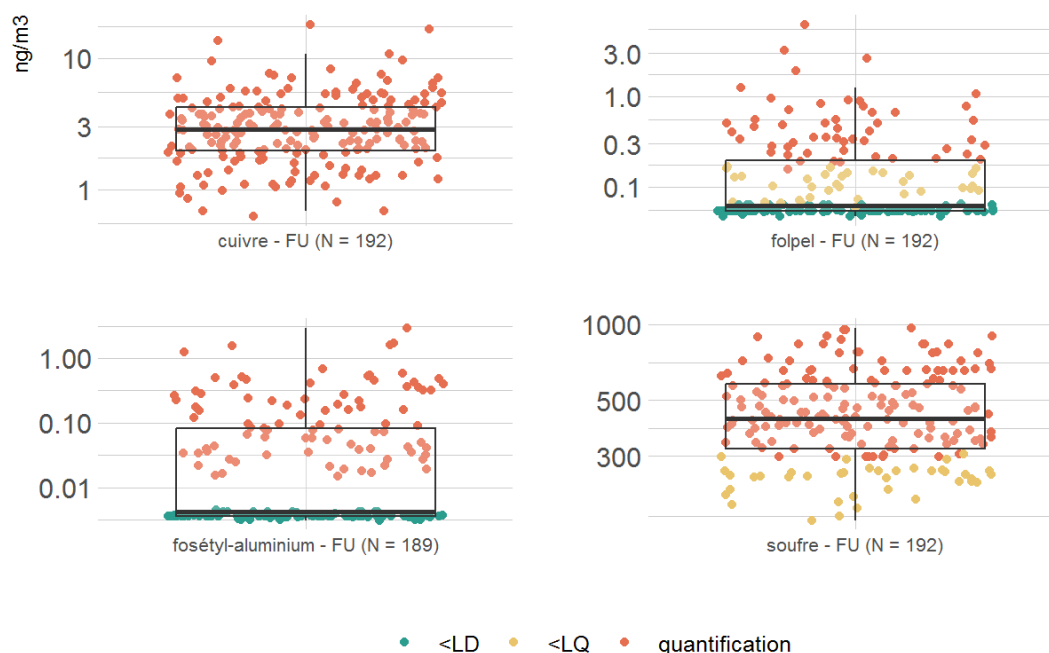
Le Tableau 15 détaille le nombre de sites en zones non viticoles avec au moins une détection en période de traitement pour les 24 substances détectées et le nombre de sites avec au moins une quantification pour les 9 substances quantifiées. Ainsi, les 6 substances qui ont une FD supérieure à 40 % (pendiméthaline, folpel, fosétyl-aluminium, glyphosate, soufre et cuivre) sont détectées au moins une fois sur la totalité des sites. Parmi ces 6 substances, toutes sauf le folpel sont quantifiées au moins une fois sur les 7 sites.

Tableau 15 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones non viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement (7 sites instrumentés). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une détection (/7 sites)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une quantification (/7 sites)
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,5	1	0	
cyazofamide	120116-88-3	0,5	1	0	
difénoconazole	119446-68-3	0,5	1	0	
indoxacarbe	173584-44-6	0,5	1	0	
métalaxyl	70630-17-0	0,5	1	0	
pyriméthanil	53112-28-0	0,5	1	0	
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,5	1	0	
boscalid	188425-85-6	1,0	2	0	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	1,0	2	0	
trifloxystrobine	141517-21-7	1,0	2	0	
cymoxanil	57966-95-7	1,0	1	1,0	1
étofenprox	80844-07-1	1,6	2	0	
zoxamide	156052-68-5	1,6	2	0	
spiroxamine	118134-30-8	3,1	5	0,5	1
propyzamide	23950-58-5	3,6	5	0	
tébuconazole	107534-96-3	3,6	4	0	
cyprodinil	121552-61-2	4,2	5	0	
fluopyram	658066-35-4	9,9	5	0,5	1
pendiméthaline	40487-42-1	40,6	7	16,7	7
folpel	133-07-3	45,3	7	27,1	6
fosétyl-aluminium	15845-66-6	46,0	7	46,0	7
glyphosate	1071-83-6	75,1	7	15,9	7
soufre	7704-34-9	100	7	80,2	7
cuivre	7440-50-8	100	7	100	7

Distribution des concentrations par substance

Les Figure 38 et Figure 39 représentent les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des substances détectées (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine », cf. 2.4.1) sur l'ensemble des sites en zones non viticoles pendant la période de traitement, les substances étant regroupées selon leur concentration maximale ($C_{\max}$) : $C_{\max} > 1 \text{ ng/m}^3$ pour la Figure 38 et $C_{\max} < 1 \text{ ng/m}^3$ pour la Figure 39.



FU = fongicide ; N = nombre d'échantillons ; Échelles spécifiques à chaque composé

Figure 38 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 4 substances détectées avec une $C_{\max} > 1$ ng/m³ tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.



FU = fongicide ; IN = insecticide ; HB = herbicide ; N = nombre d'échantillons

Figure 39 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 20 substances détectées avec une $C_{\max} < 1$ ng/m³ tous sites confondus en zones non viticoles sur l'ensemble de la période de traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 30 présente le classement des substances en fonction respectivement de leurs concentrations moyenne (C_{moy}), médiane (P50), 95^{ème} centile (P95) et maximale (C_{max}).

Focus sur les concentrations moyennes (C_{moy}) et les médianes (P50) :

Parmi les 3 substances détectées à plus de 50 %, les concentrations moyennes et médianes sont :

- supérieures à 1,0 ng/m³ pour 2 substances ($C_{\text{moy,cuivre}} = 3,4 \text{ ng/m}^3$, $C_{\text{moy,soufre}} = 462 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{cuivre}} = 2,9 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{soufre}} = 421 \text{ ng/m}^3$) ;
- inférieures à 0,1 ng/m³ pour 1 substance ($C_{\text{moy,glyphosate}} = 0,03 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{glyphosate}} = 0,02 \text{ ng/m}^3$).

Pour les autres substances, ces deux paramètres (C_{moy} et P50) ne sont pas exploitables car trop dépendants du scénario de gestion de la censure retenu.

Focus sur les 95^{ème} centile (P95) :

Parmi les 7 substances détectées à plus de 5 %, les 95^{ème} centiles sont :

- supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance ($P95_{\text{soufre}} = 835 \text{ ng/m}^3$) ;
- compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 1 substance ($P95_{\text{cuivre}} = 7,2 \text{ ng/m}^3$) ;
- compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances ($P95_{\text{folpel}} = 0,8 \text{ ng/m}^3$, $P95_{\text{fosétyl-aluminium}} = 0,5 \text{ ng/m}^3$, $P95_{\text{pendiméthaline}} = 0,1 \text{ ng/m}^3$).

Focus sur les concentrations maximales (C_{max}) :

Parmi les 24 substances détectées, les concentrations maximales sont :

- supérieures à 100 ng/m³ pour 1 substance ($C_{\text{max,soufre}} = 967 \text{ ng/m}^3$) ;
- comprises entre 10 et 100 ng/m³ pour 1 substance ($C_{\text{max,cuivre}} = 18,0 \text{ ng/m}^3$) ;
- comprises entre 1,0 et 10 ng/m³ pour 2 substances ($C_{\text{max,folpel}} = 6,3 \text{ ng/m}^3$, $C_{\text{max,fosétyl-aluminium}} = 2,9 \text{ ng/m}^3$) ;
- comprises entre 0,1 et 1,0 ng/m³ pour 11 substances.

Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des substances analysées dans l'air ambiant.

De la même façon que précédemment, la détection sans quantification du chlorpyrifos-méthyl pourrait être associée à un mésusage²³.

Les 23 autres substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et sur d'autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures. À noter qu'aucune des 23 substances n'est spécifique de la vigne.

- une **contamination chronique de l'air** est avérée pour le cuivre et le soufre (FD = 100 %) ;
- une **contamination ponctuelle de l'air moyenne/longue distance** suite à des traitements sur la vigne ou sur d'autres cultures est envisagée pour les 21 autres substances détectées ;

Pour rappel, la méthode de sélection des sites en zones non viticoles a retenu comme critères :

- 1/ l'absence totale de vignes et de toute autre activités agricole (hors estives, landes et prairies permanentes) dans un périmètre de 1 500 m autour du chef-lieu de la commune ;
- 2/ la présence limitée de vignes (moins de 1 hectare) dans un périmètre compris entre 1500 m et 5 500 m autour du chef-lieu de la commune.

La description des sites de prélèvements accrédite l'hypothèse de contamination moyenne/longue distance (au moins supérieure à 5 km ici) :

- la densité de vignes dans un cercle de rayon de 1000 m (indicateurs spatialisés de niveau 1) est nulle pour les 7 sites ;
 - la densité de vignes dans un cercle de rayon de 5 km autour des sites de prélèvements renseigné par les AASQA est nulle pour les 7 sites ;
 - la présence d'autres cultures consommatrices de PPP dans un cercle de rayon de 1000 m renseignée par l'ODR est nulle pour 5 sites et est négligeable pour 2 sites (couvrant entre 0,2 % et 0,5 % de l'occupation du sol dans un cercle de rayon de 1000 m) ;
 - les pourcentages de grandes cultures, de vergers et de zones culturales complexes dans un cercle de rayon de 5 km renseignés par les AASQA sont majoritairement nuls, sinon faibles (au plus 6 %).
- **une contamination associée à un usage biocide ou à un usage médicament vétérinaire** pendant la durée de l'enquête ne peut être exclue respectivement pour 6 substances (cuivre, étofenprox, folpel, indoxacarbe, lambda-cyhalothrine et tébuconazole) et 4 substances (cuivre, indoxacarbe, soufre et tau-fluvalinate). Toutefois, ces deux hypothèses restent difficiles à vérifier ;
 - **une contamination de l'air pourrait également se produire via le sol** (volatilisation, remise en suspension de particules par exemple lors du travail du sol).

Enfin, parmi les 15 substances non détectées, 7 (bêta-cyfluthrine, carbétamide, myclobutanil, oryzalin, quinoxifène, thiaméthoxame et triadiménol) n'avaient pas d'usages autorisés en France en tant que PPP au moment de la campagne de mesures, dont 2 (bêta-cyfluthrine, thiaméthoxame) qui avaient tout de même des usages biocides autorisés.

Conclusion des mesures par substance en zones non viticoles sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Sur 39 substances recherchées, 24 sont détectées, dont 9 quantifiées. 23 des substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et sur d'autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

6 substances (cuivre, soufre, glyphosate, fosétyl-aluminium, folpel et pendiméthaline) sont détectées à plus de 20 %, dont 3 substances (cuivre, soufre, glyphosate) au-delà de 50 %. 2 substances (cuivre, soufre) sont quantifiées à plus de 50 %, le fosétyl-aluminium étant quantifié au-delà de 40 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre et du glyphosate sont respectivement de 421 ng/m³, 3,4 ng/m³ et 0,03 ng/m³.

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 1 substance (cuivre) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances (folpel, fosétyl-aluminium et pendiméthaline).

4.2.3.2 Analyses quantitatives par substance et par site sur l'ensemble de la période de traitement

Avertissement

Les résultats présentés dans cette partie sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par substance par site sur l'ensemble de la période de traitement est relativement limité (au nombre de 29 au maximum toutefois).

Synthèse

L'Annexe 31 décrit par substance et par site le nombre d'échantillons, les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) ainsi que les paramètres de distribution des concentrations (C_{moy} , C_{min} , P5, P25, P50, P75, P95, C_{max}) après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine » pour les sites en zones non viticoles en période de traitement.

Fréquences de détection et de quantification par substance par site sur l'ensemble de la période de traitement

La Figure 40 présente les fréquences de détection et de quantification par site des 6 substances qui ont une FD_{globale} supérieure à 20 %³³ :

- le cuivre est omniprésent dans l'air puisqu'il est systématiquement détecté (FD = 100 %) et quantifié (FQ = 100 %) sur les 7 sites de mesures ;
- le soufre est également omniprésent dans l'air puisque la substance est systématiquement détectée (FD = 100 %), avec des fréquences de quantification homogènes comprises entre 69 % et 96 % sur les 7 sites ;
- les profils de fréquences de détection et de quantification du fosétyl-aluminium, du glyphosate et de la pendiméthaline sont homogènes entre les 7 sites. Ces 3 substances ont été quantifiées sur l'ensemble des 7 sites, avec des FQ comprises entre 29 % et 61 % pour le fosétyl-aluminium, entre 7 et 38 % pour le glyphosate et entre 4 % et 28 % pour la pendiméthaline ;
- le folpel a été détecté sur les 7 sites, avec des FD comprises entre 8 % et 65 %, mais quantifié sur 6 sites avec des FQ comprises entre 10 % et 50 %.

Les 6 substances avec une FD_{globale} supérieure à 20 % ont donc été détectées sur les 7 sites de mesures.

³³ À noter que ces 6 substances ont toutes une fréquence de quantification supérieure à 10 %.

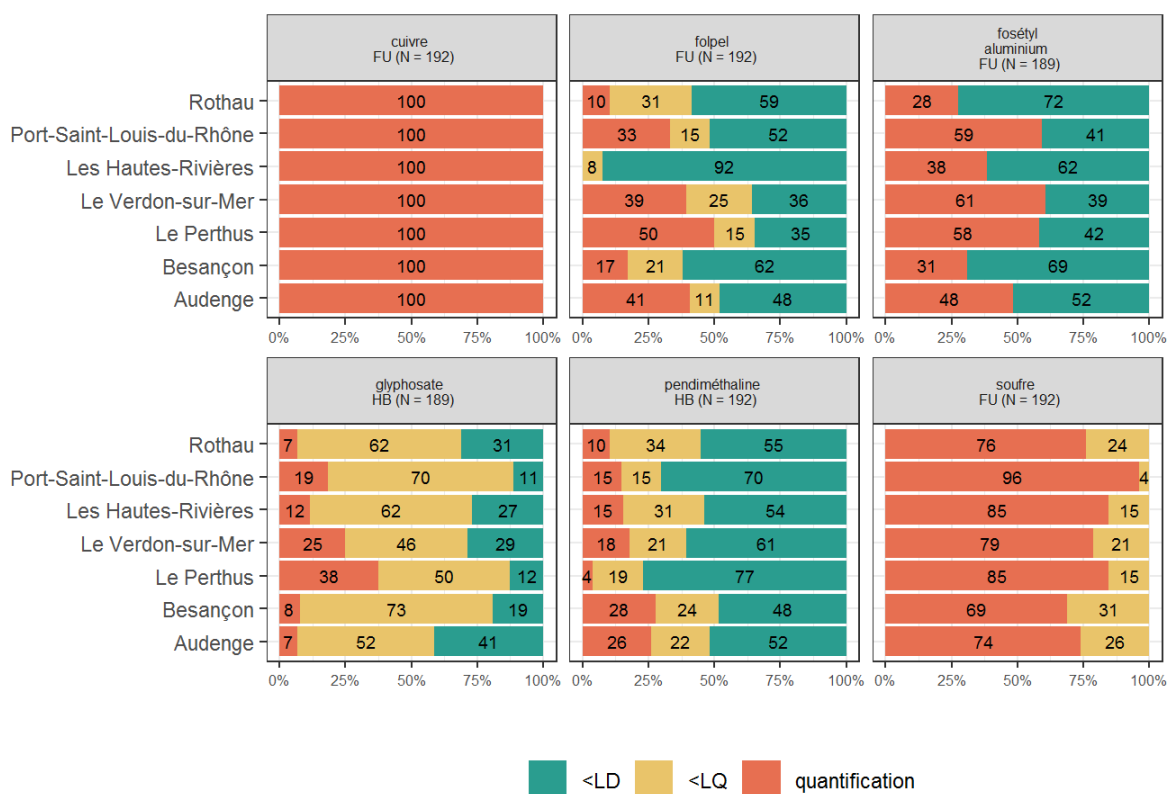


Figure 40 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 6 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Une autre représentation graphique est disponible en Annexe 32.

L'Annexe 32 présente également les fréquences de détection et de quantification par site pour les 18 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

Concentrations par substance par site sur l'ensemble de la période de traitement

Les distributions des concentrations par substance par site pendant toute la période de traitement pour les 24 substances détectées sont présentées en Annexe 33.

Conclusion des analyses quantitatives par substance et par site en zones non viticoles sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Les substances ayant une FD_{globale} supérieure à 40 % (cuivre, soufre, glyphosate, fosétyl-aluminium, folpet et pendiméthaline) sont détectées sur chacun des sites. Le cuivre est quantifié systématiquement sur tous les sites, le soufre y étant également majoritairement quantifié.

4.2.3.3 Distribution temporelle par substance tous sites confondus

Avertissement

Les résultats sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par substance par semaine de prélèvement est au maximum de 7 en zones non viticoles en période de traitement (correspondant aux 7 sites de mesures).

Distribution temporelle par substance des fréquences de détection et de quantification

La Figure 41 présente par semaine les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) tous sites confondus des 6 substances qui ont une FD supérieure à 20 %³³ :

- le cuivre est systématiquement quantifié sur toute la période de traitement ;
- le soufre est systématiquement détecté sur toute la période de traitement, avec une fréquence de quantification variable au cours du temps (comprise entre environ 30 % et 100 %) ;
- pour le glyphosate, le fosétyl-aluminium, le folpel et la pendiméthaline, les profils temporels de fréquences de détection et de quantification en période de traitement en zones non viticoles sont similaires à ceux observés en zones viticoles mais avec des FD/FQ plus modérées :
 - le glyphosate est systématiquement détecté pendant toute la période de traitement (sauf la première semaine de mars), avec des FQ comprises entre 0 % et environ 70 % tout au long de la période ;
 - le fosétyl-aluminium est quantifié à partir d'avril et jusqu'à fin août, avec la même spécificité d'avoir une fréquence de quantification de 100 % sur 8 semaines consécutives pendant les mois de mai et juin ;
 - le folpel est quantifié à partir de fin avril jusqu'à mi-août, puis est principalement détecté jusqu'à mi-septembre ;
 - la pendiméthaline est détectée et/ou quantifiée sur quasiment toute la période de traitement (hors septembre), avec un pic de quantification autour de 45 % observé en mai.



Figure 41 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour 6 substances avec FD > 20 % dans l'air ambiant sur les sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Les graphiques qui détaillent le nombre d'analyses et les fréquences de détection et de quantification par substance par semaine tous sites confondus sont disponibles en Annexe 34.

L'Annexe 34 présente également les fréquences de détection et de quantification par site des 18 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

Distribution temporelle des concentrations par substance tous sites confondus

Les Figure 42 à Figure 47 présentent les concentrations (en échelle logarithmique) par substance par semaine pour l'ensemble des sites pour les 6 substances qui ont une FD supérieure à 20 %³³ :

- le cuivre est quantifié avec des concentrations oscillant sur toute la période entre environ 1,0 et 18,0 ng/m³, avec plusieurs pics de concentration observés ponctuellement au mois de mars et début août ;
- les concentrations du soufre oscillent entre 300 et 967 ng/m³ tout au long de la période de traitement des vignes, sans observation spécifique de pics de concentration ;
- les concentrations du glyphosate oscillent entre 0,01 et 0,1 ng/m³ tout au long de la période de traitement, avec un pic de concentration à 0,43 ng/m³ observé ponctuellement sur un site début mai ;
- les concentrations en fosétyl-aluminium augmentent régulièrement à partir de mi-avril jusqu'à atteindre un pic à 2,92 ng/m³ mi-juin. À noter que le fosétyl-aluminium est quantifié sur tous les sites pendant 8 semaines consécutives entre mi-mai et fin juin. La contamination diminue ensuite progressivement, avec une absence de quantification de la substance à partir de fin août ;
- les concentrations en folpel augmentent rapidement à partir de fin avril jusqu'à atteindre un pic à 6,25 ng/m³ mi-juillet. La contamination diminue ensuite progressivement jusqu'à mi-septembre ;
- les concentrations en pendiméthaline augmentent régulièrement dès le début de la période de traitement jusqu'à atteindre un plateau à partir de fin avril, jusqu'à début juillet. La substance n'est ensuite globalement pas détectée ou quantifiée sauf sur un site.

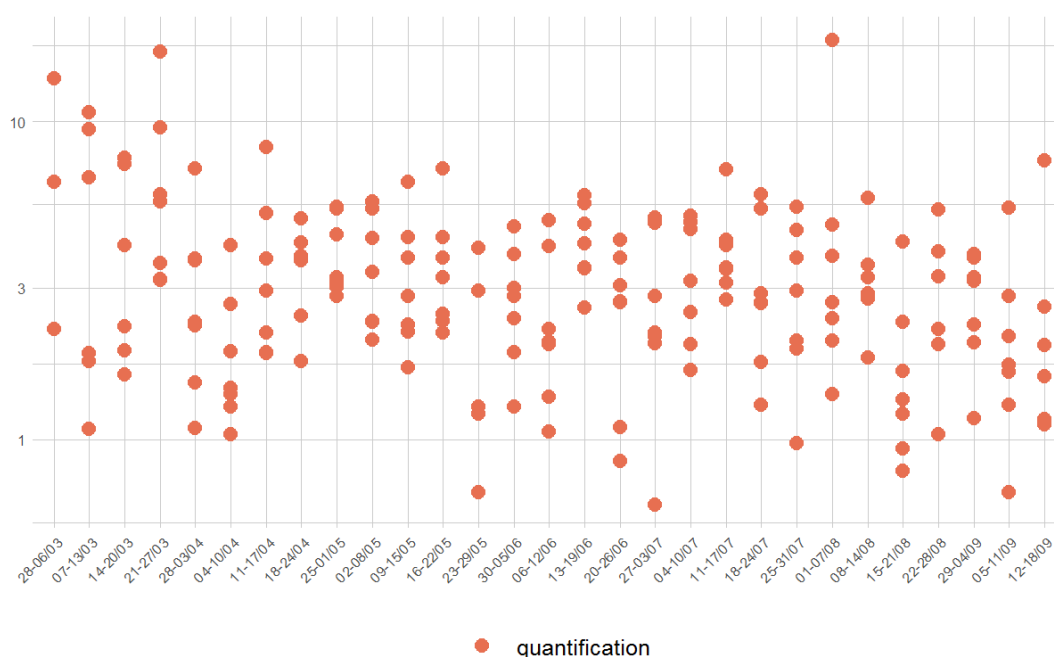


Figure 42 : Concentrations dans l'air (ng/m³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

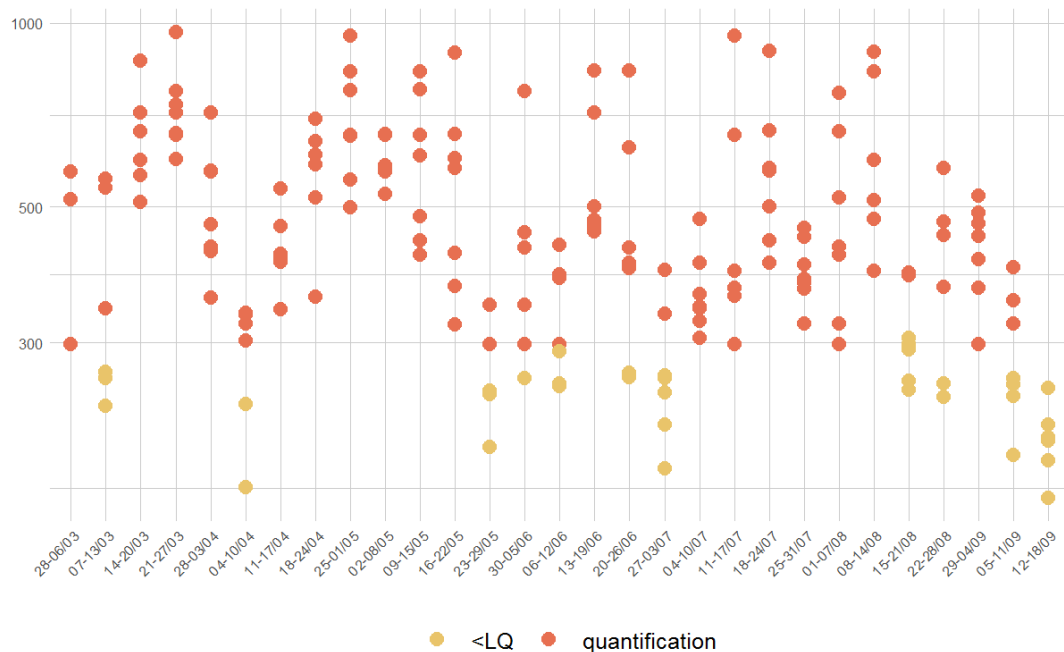


Figure 43 : Concentrations dans l'air (ng/m³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

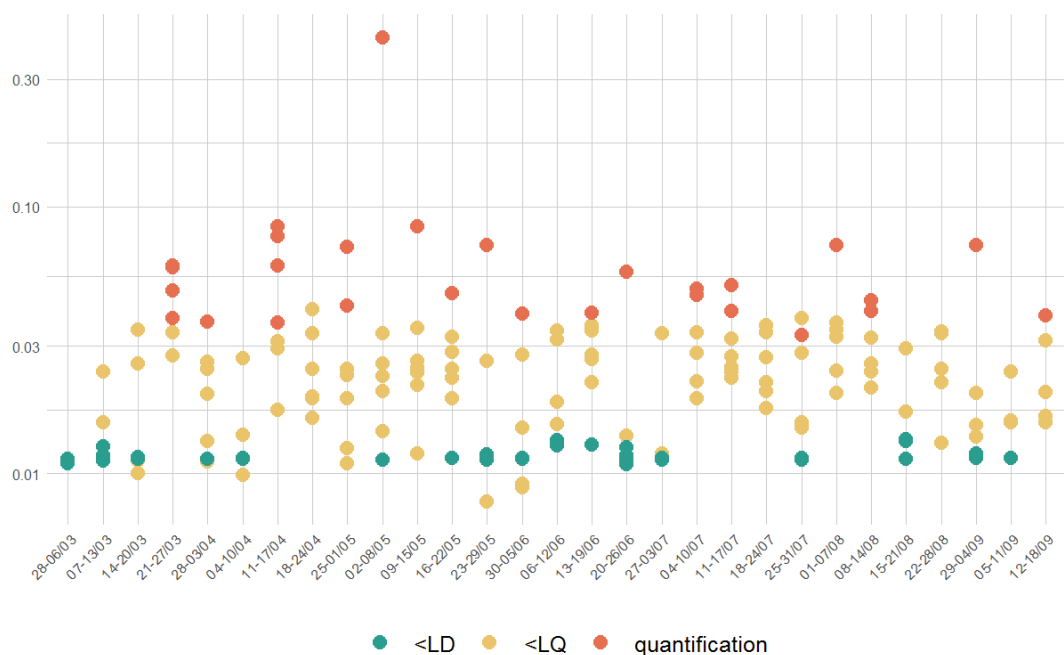


Figure 44 : Concentrations dans l'air (ng/m³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

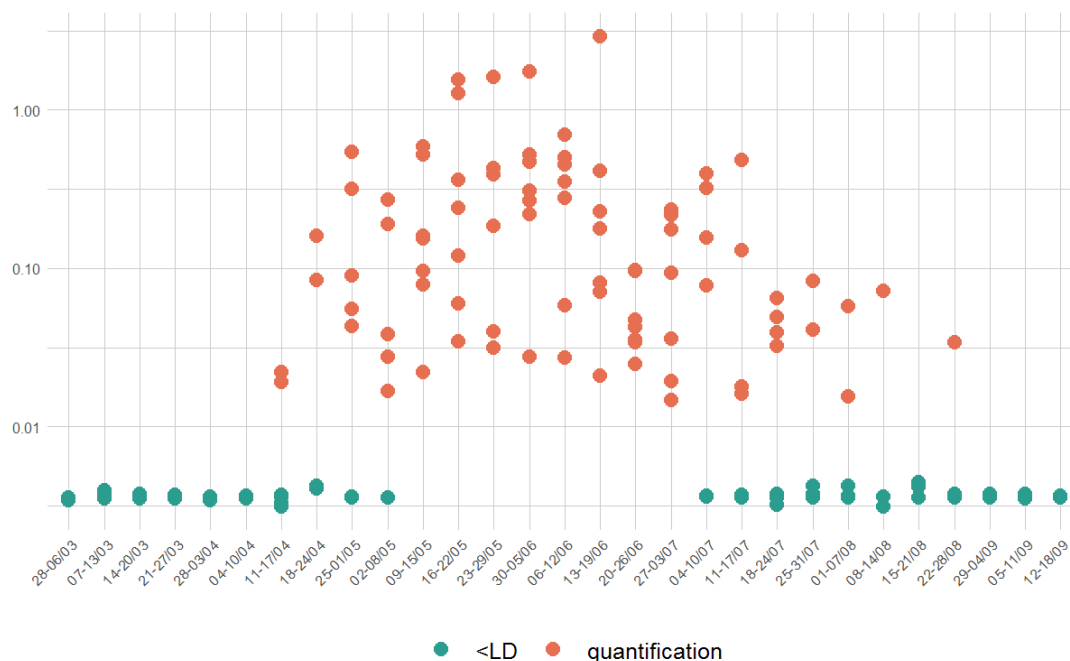


Figure 45 : Concentrations dans l'air (ng/m³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

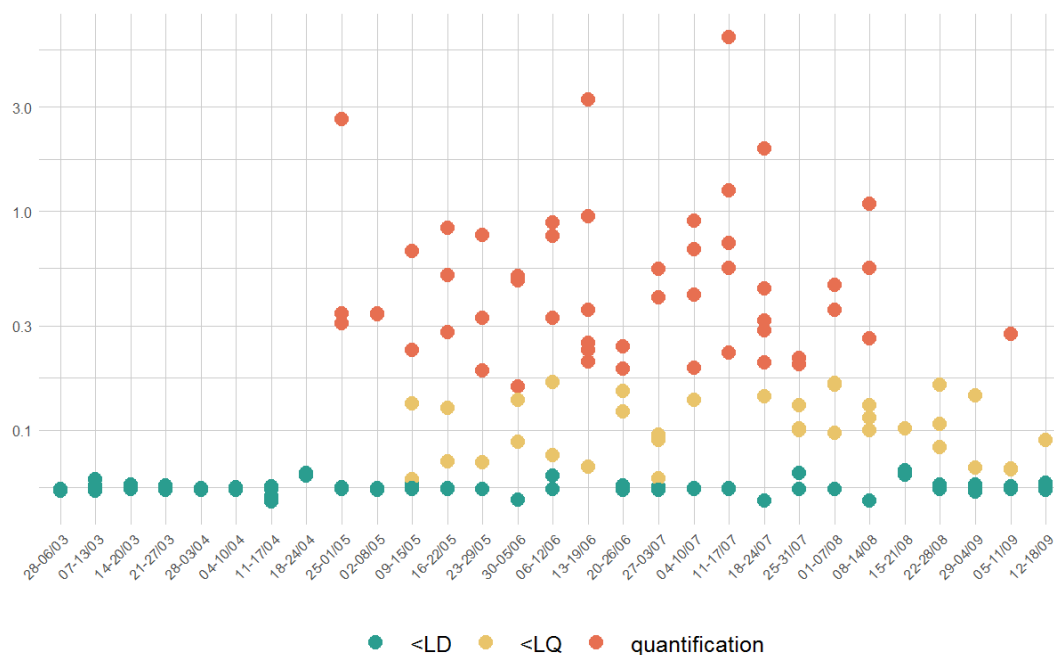


Figure 46 : Concentrations dans l'air (ng/m³) du folpel par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

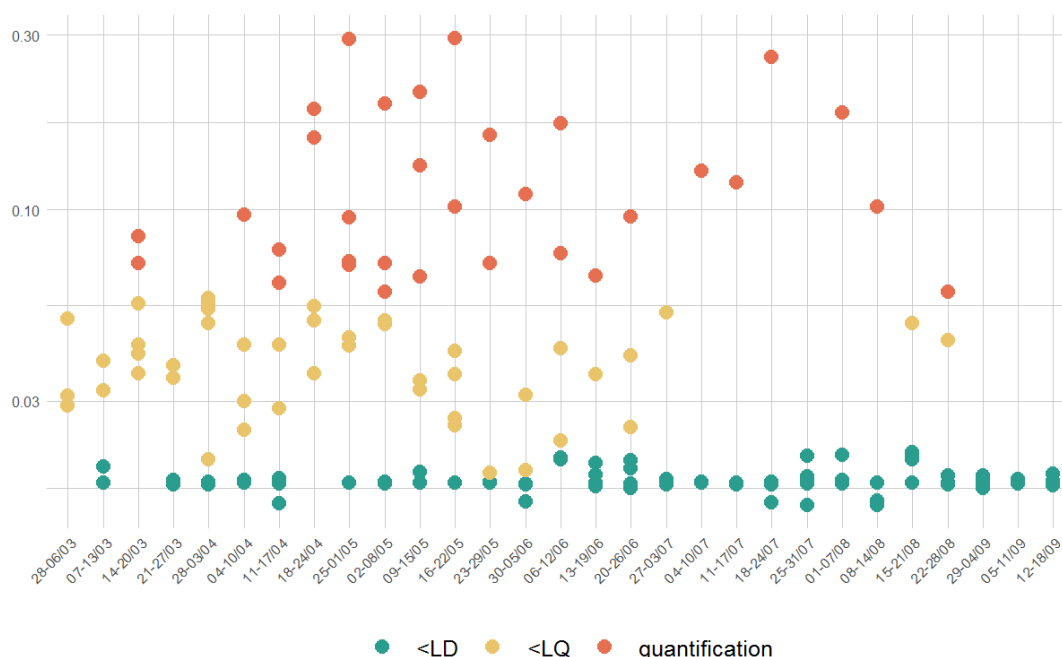


Figure 47 : Concentrations dans l'air (ng/m³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 35 présente les concentrations par substance par semaine pour l'ensemble des sites des 18 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

Conclusion des distributions temporelles par substance tous sites de zones non viticoles confondus et en période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Pour les 6 substances ayant une FD supérieure à 20 % dans l'air ambiant tous sites de zones non viticoles confondus et en période de traitement :

- le cuivre et le soufre sont systématiquement détectés et majoritairement quantifiés tout au long de la période de traitement ;
- le glyphosate et la pendiméthaline sont majoritairement détectées tout au long de cette période ;
- le folpel et le fosétyl-aluminium sont détectées/quantifiées sur des périodes plus restreintes.

4.2.3.4 Distribution temporelle par site du nombre de substances détectées et quantifiées

Les Figure 48 et Figure 49 présentent respectivement le nombre de substances détectées et quantifiées par site par semaine en zones non viticoles en période de traitement.

Aide à l'interprétation du graphique :

Par exemple, pour le site d'Audenge, 0 et 3 substances ont été détectées respectivement la première et la dernière semaine de prélèvement. Sur l'ensemble de la période de traitement, entre 0 et 11 substances ont été détectées par semaine sur ce site. Ce graphique permet également de positionner les résultats obtenus pour le site d'Audenge par rapport aux autres sites dans leur ensemble (via les lignes grises).

Au global, sur les sites en zones non viticoles en période de traitement, jusqu'à 11 et 7 substances sont respectivement détectées et quantifiées sur un site par semaine de

prélèvement. À noter que les sites d'Audenge et du Verdon-sur-Mer sont les deux sites qui semblent avoir en moyenne le plus de substances détectées par semaine en période de traitement des vignes. Sur ces sites, les profils de détections/quantifications semblent suivre des dynamiques de traitement sur des cultures qui se trouveraient à plus de 5 km.

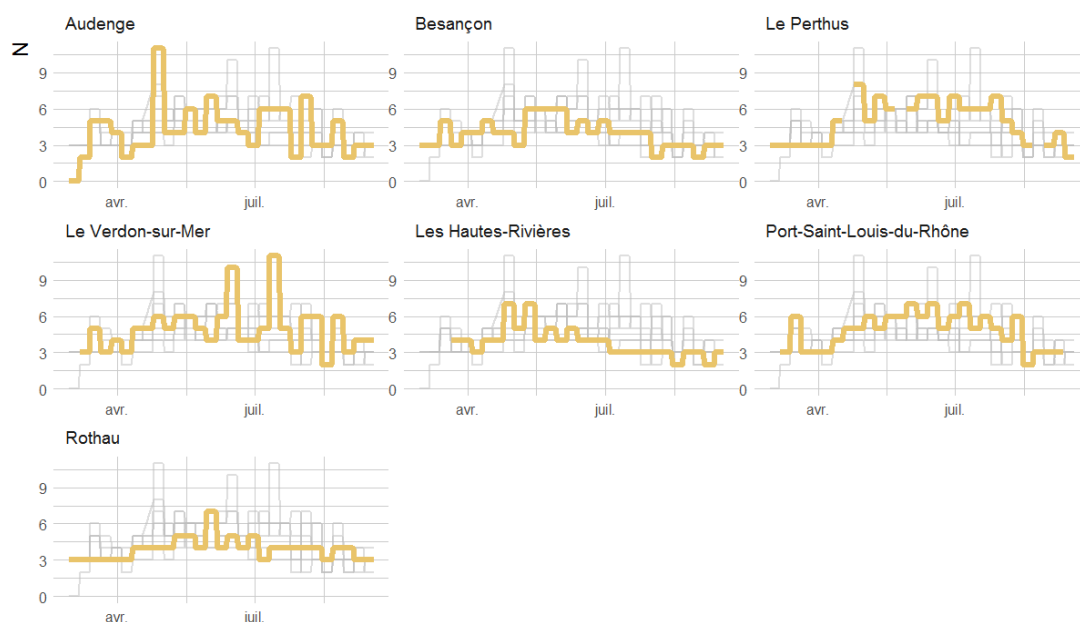


Figure 48 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones non viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

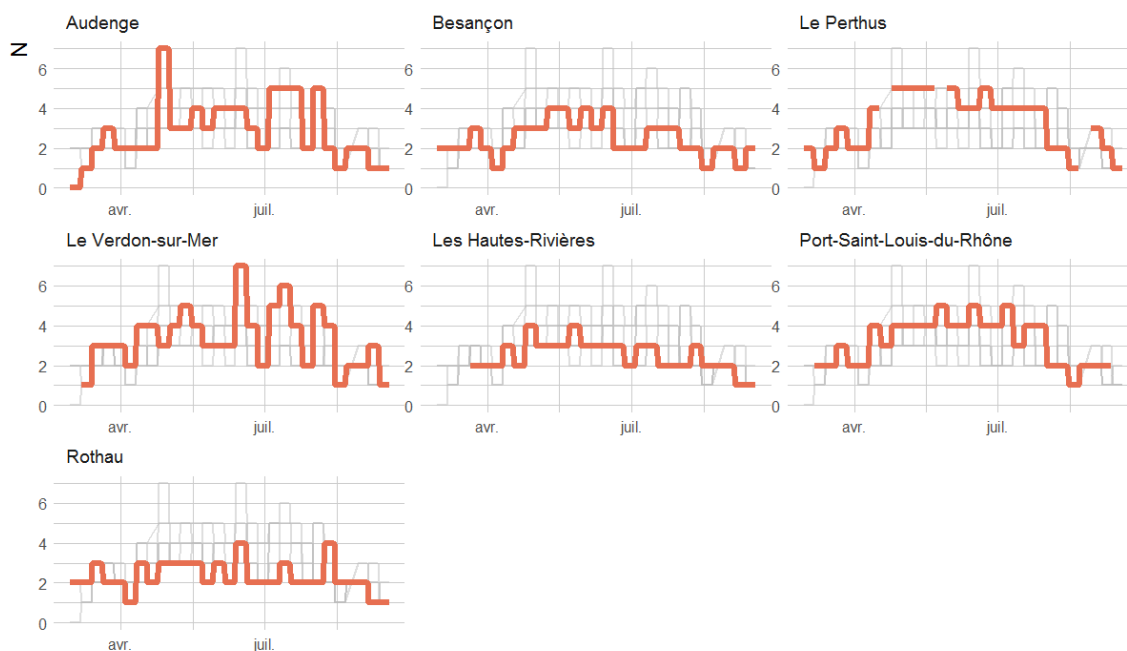


Figure 49 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones non viticoles en période de traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

Conclusion des distributions temporelles par site en zones non viticoles du nombre de substances détectées et quantifiées, sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Sur les sites en zones non viticoles en période de traitement, jusqu'à 11 et 7 substances sont respectivement détectées et quantifiées sur un site lors d'une semaine de prélèvement.

4.2.3.5 Distribution temporelle des concentrations par substance et par site

Les Figure 50 à Figure 55 présentent la distribution temporelle des concentrations par semaine par site des 6 substances détectées avec une FD supérieure à 20 %³³ :

- pour le cuivre, les concentrations oscillent au cours du temps autour d'une valeur d'environ 3 à 5 ng/m³ selon les sites, avec des spécificités pour les sites de Besançon et de Port-Saint-Louis-du-Rhône (pics de concentration au cours du mois de mars) et le site de Rothau (pic ponctuel début août à 18,0 ng/m³) ;
- pour le soufre, les concentrations oscillent globalement entre 170 ng/m³ et 1000 ng/m³, avec des valeurs de concentrations maximales par site variables (concentration maximale à 967 ng/m³) ;
- pour le glyphosate, les concentrations oscillent au cours du temps entre 0,01 et 0,1 ng/m³ quel que soit le site, avec une spécificité pour le site du Perthus qui présente une concentration maximale à 0,43 ng/m³ au cours du mois de mai ;
- pour le fosétyl-aluminium, les profils d'évolution des concentrations selon les sites sont globalement homogènes, avec toutefois des concentrations maximales variables selon les sites (comprises entre 0,1 et 2,92 ng/m³) ;
- pour le folpel, Les Hautes-Rivières est le seul site qui ne présente aucune quantification. Les profils d'évolution des concentrations des 6 autres sites sont globalement homogènes, avec le site du Verdon-sur-Mer qui se distingue toutefois avec une concentration maximale à 6,25 ng/m³ contre environ 1 ng/m³ pour les autres sites ;
- pour la pendiméthaline, Le Perthus est le seul site qui ne présente qu'une seule quantification. Les profils d'évolution des concentrations sont homogènes pour les sites de Besançon, du Verdon-sur-Mer, des Hautes-Rivières et de Rothau avec de la quantification en début de période. Les pics de concentration sont décalés dans le temps pour Audenge et Port-Saint-Louis-du-Rhône. À noter que quel que soit le site, le pic de contamination est peu marqué avec une concentration maximale toujours inférieure à 0,3 ng/m³.

À noter que la superposition graphique des données de concentrations des échantillons d'air ambiant des sites en zones non viticoles en période de traitement avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 dans un cercle de rayon de 1000 m n'est pas illustrée (indicateurs spatialisés de niveau 2 systématiquement à 0 pour les sites en zones non viticoles).

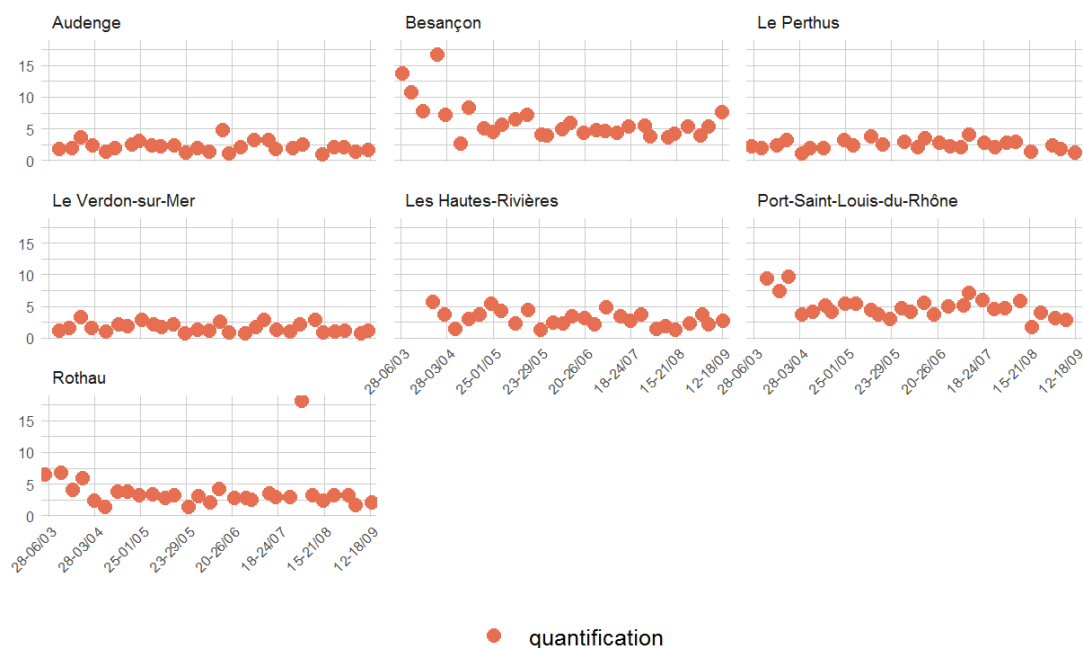


Figure 50 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du cuivre pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

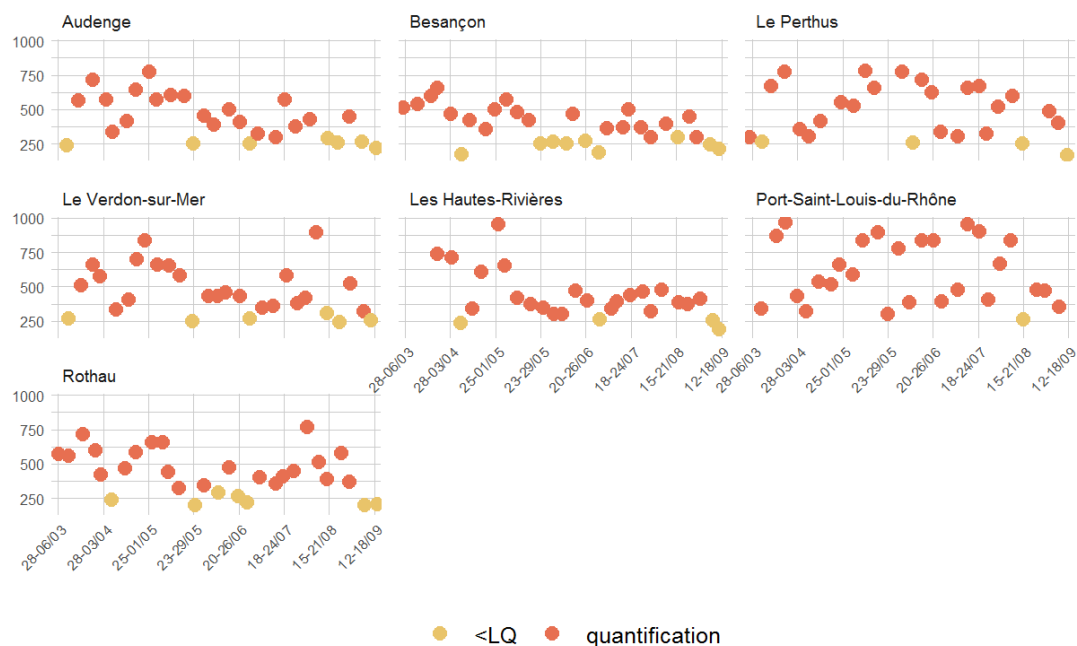


Figure 51 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du soufre pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

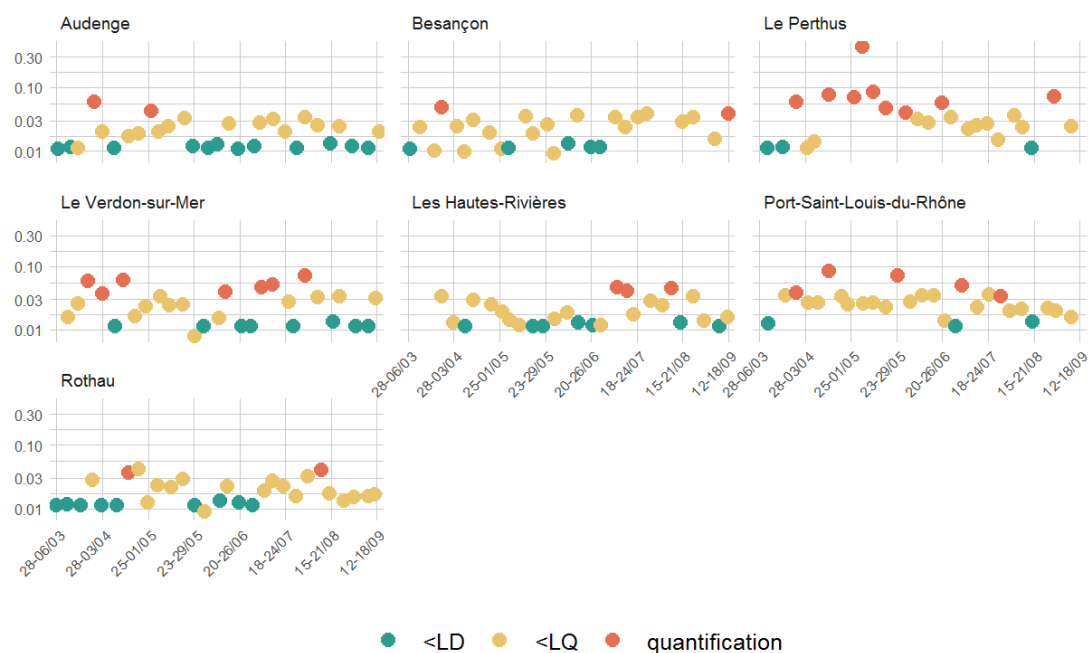


Figure 52 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du glyphosate pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

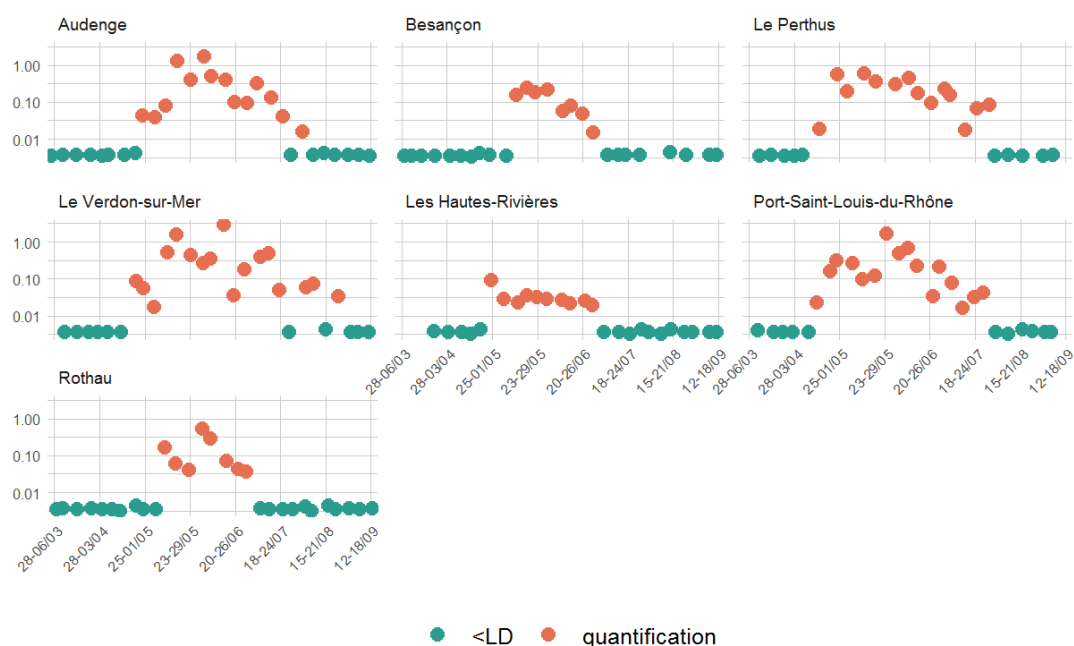


Figure 53 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du fosétyl-aluminium pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

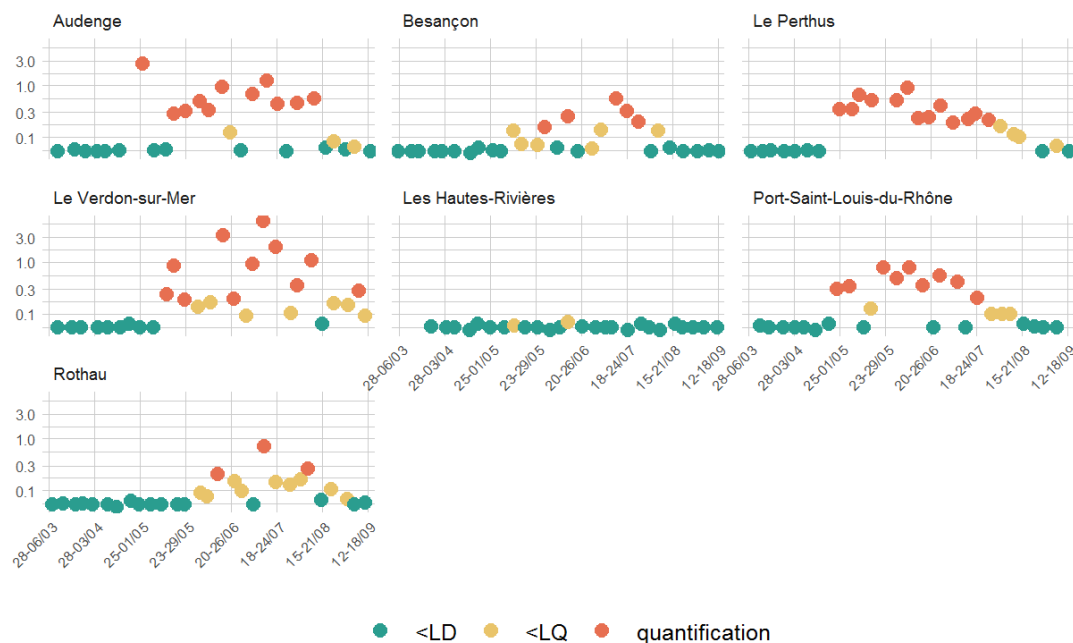


Figure 54 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du folpel pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

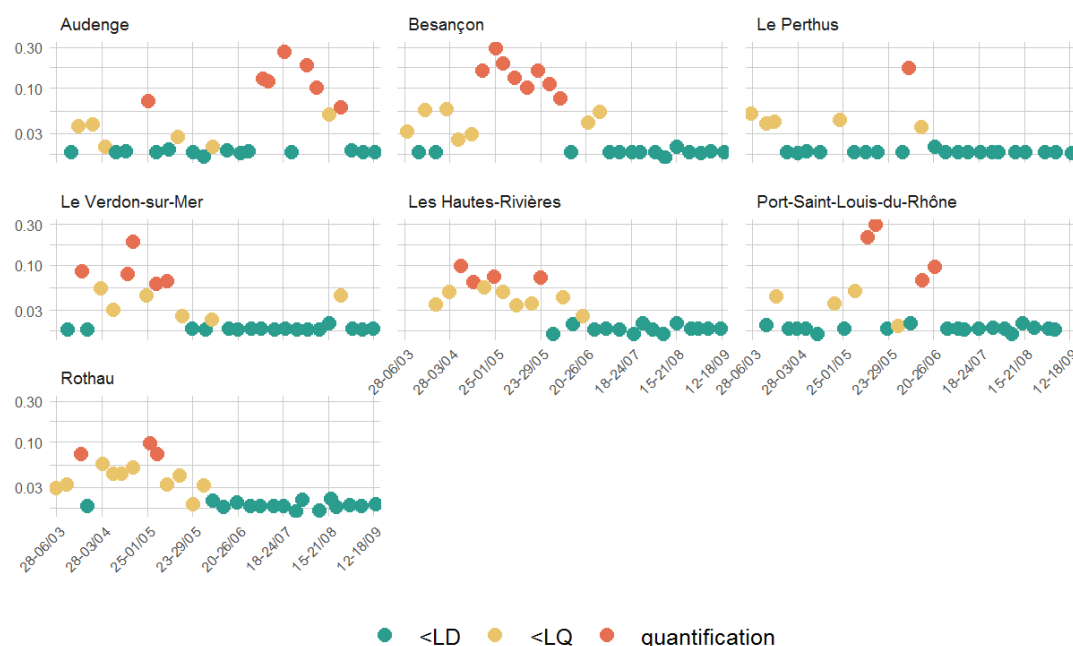


Figure 55 : Distribution temporelle des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la pendiméthaline pour l'ensemble des sites en zones non viticoles en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 36 présente les concentrations par substance par semaine par site des 18 substances détectées avec une FD inférieure à 20 %.

À noter qu'une autre représentation graphique qui présente l'avantage de faciliter la comparaison entre les sites pour les 24 substances détectées est disponible en Annexe 37.

Conclusion des distributions temporelles des concentrations par substance et par site en zones non viticoles en période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Par substance, les profils temporels de concentration entre les différents sites en zones non viticoles, en période de traitement, sont globalement similaires, certains sites présentant toutefois des pics de concentration plus importants et parfois décalés dans le temps.

4.3 Contamination en zones viticoles en période hors traitement

4.3.1 Rappel du protocole d'échantillonnage

La stratégie d'échantillonnage de la campagne de mesures des échantillons d'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement est rappelée ci-dessous :

- 3 types de prélèvement (P1 pour les substances organiques « semi-volatiles », P3 pour les substances minérales - cuivre et soufre, P4 pour les substances organiques polaires - glyphosate et fosétyl-aluminium) déployés sur 7 sites en zones viticoles ;
- prélèvement hebdomadaire du lundi au lundi (168 h) réalisé une semaine sur deux entre le 11/10/2021 et le 22/02/2022.

Le laboratoire d'analyses a fourni pour chaque échantillon les résultats d'analyse pour 38 substances. Pour rappel, la cyfluthrine n'a pas été analysée en période hors traitement (cf. 2.3.2.2).

4.3.2 Analyses qualitatives des échantillons d'air ambiant

Ce paragraphe spécifique s'appuie sur une note interne rédigée par l'Ineris qui décrit le bilan qualitatif de la phase de collecte des échantillons.

4.3.2.1 Contrôles qualité des blancs de terrain

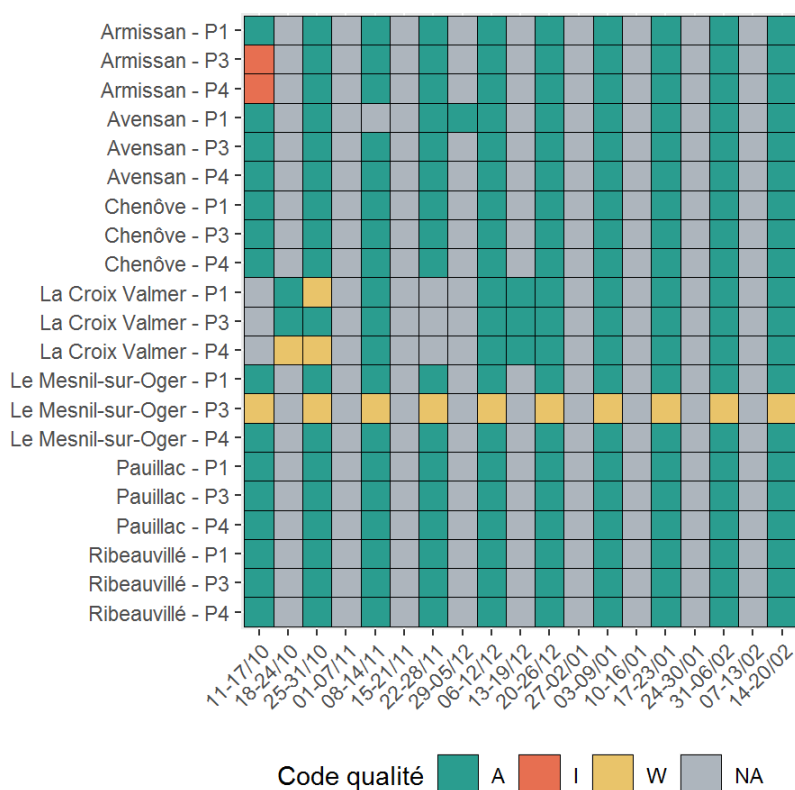
Un blanc de terrain a été réalisé par site et par type de prélèvement en début de campagne, soit 21 blancs de terrain au total (100 % de réalisation). La répartition des codes qualité globaux des 21 blancs de terrain est la suivante :

- 18 (soit 86 %) sont exploitables (conformes) ;
- 3 (soit 14 %) sont exploitables « atypiques ».

Le détail par site des codes qualités des blancs de terrain aux différentes étapes (prélèvement, analyse et au global) ainsi que les résultats d'analyse sont présentés en Annexe 38.

4.3.2.2 Contrôles qualité des échantillons d'air ambiant

210 échantillons d'air ambiant ont été collectés en zones viticoles en période hors traitement (100 % de taux de mise en œuvre). La Figure 56 permet de visualiser la répartition des codes qualités au global par site au cours du temps. Ainsi, 99 % (208 sur 210) des échantillons collectés sont exploitables, avec 93 % d'échantillons conformes (codés A) et 6 % d'échantillons dits « atypiques » (codés W).



Légende : A = conforme ; W = conforme atypique, I = invalide, NA = non réalisé ou non prévu

Figure 56 : Codes qualité au global par site des échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Le détail du bilan qualitatif effectué pour les échantillons en zones viticoles en période hors traitement (dont le bilan des codes qualité après les étapes de prélèvement et d'analyse) est présenté en Annexe 38.

4.3.3 Analyses quantitatives des échantillons d'air ambiant

4.3.3.1 Analyses quantitatives par substance tous sites confondus sur l'ensemble de la période hors traitement

Bilan synthétique

Le Tableau 16 présente, pour chaque substance :

- le nombre d'échantillons exploitables (codés A ou W) : 70 échantillons (P1) pour les 35 substances semi-volatiles ; 69 échantillons (P3) pour le cuivre et le soufre, et 69 échantillons (P4) pour le glyphosate et le fosétyl-aluminium ;
- 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 0,004 et 0,071 ng/m^3 pour les limites de détection et entre 0,012 et 0,24 ng/m^3 pour les limites de quantification (hors soufre) ;
- les fréquences de détection et de quantification globales en zones viticoles tous sites confondus sur l'ensemble de la période de traitement : sur les 39 substances, 12 sont détectées ($FD_{\text{globale}} > 0 \%$) et 9 sont quantifiées ($FQ_{\text{globale}} > 0 \%$) dans les échantillons d'air ambiant ;
- les paramètres de distribution des concentrations.

Tableau 16 : Nombre d'échantillons, limites analytiques, fréquences de détection et de quantification globales et paramètres de distribution des concentrations (ng/m³) des 38 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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)
boscalid	188425-85-6	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
carbétamide	16118-49-3	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	70	0,036	0,119	4,3	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,15
cuiivre	7440-50-8	69	0,009	0,030	100	100	0,65	0,78	1,73	2,88	4,05	5,48	8,34
cyazofamide	120116-88-3	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cymoxanil	57966-95-7	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyperméthrine	52315-07-8	70	0,071	0,238	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
cyprodinil	121552-61-2	70	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
deltaméthrine	52918-63-5	70	0,036	0,119	1,4	1,4	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,20
difénoconazole	119446-68-3	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
étofenprox	80844-07-1	70	0,018	0,060	1,4	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
fenhexamide	126833-17-8	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
fluopyram	658066-35-4	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
folpel	133-07-3	70	0,054	0,179	12,9	7,1	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,20	0,40
fosétyl-aluminium	15845-66-6	69	0,004	0,012	8,7	8,7	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,10	0,28
glyphosate	1071-83-6	69	0,011	0,037	20,3	5,8	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,05	0,08
indoxacarbe	173584-44-6	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
iprovalicarbe	140923-17-7	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
krésoxim-méthyl	143390-89-0	70	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	70	0,018	0,060	1,4	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
mépanipyrime	110235-47-7	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métalaxyl	70630-17-0	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
métrafénone	220899-03-6	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
myclobutanil	88671-89-0	70	0,036	0,119	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
napropamide	15299-99-7	70	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
oryzalin	19044-88-3	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
pendiméthaline	40487-42-1	70	0,018	0,060	82,9	60	<LD	<LD	0,06	0,07	0,35	2,43	3,74
propyzamide	23950-58-5	70	0,018	0,060	47,1	30	<LD	<LD	<LD	<LD	0,07	0,33	1,07
pyriméthanil	53112-28-0	70	0,018	0,060	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
quinoxifène	124495-18-7	70	0,009	0,030	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

Nom substance	N° CAS	Nombre échantillons	C _{LD} ^(a) (ng/m ³)	C _{LQ} ^(b) (ng/m ³)	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	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)
soufre	7704-34-9	69	89,3	298	95,7	37,7	<LD	<LD	<LQ	<LQ	345	450	632
spiroxamine	118134-30-8	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
tau-fluvalinate	102851-06-9	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
tébuconazole	107534-96-3	70	0,045	0,149	1,4	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LQ
thiaméthoxame	153719-23-4	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
triadiménol	55219-65-3	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
trifloxystrobine	141517-21-7	70	0,036	0,119	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
zoxamide	156052-68-5	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
boscalid	188425-85-6	70	0,045	0,149	0	0	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD

(a) Limite de détection calculée à partir de la limite analytique de détection (LD en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

(b) Limite de quantification calculée à partir de la limite analytique de quantification (LQ en ng/échantillon) et du volume de prélèvement théorique de 168 m³

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 39. **Les données obtenues après application du scénario de gestion sont utilisées dans la suite de cette partie.**

Limites analytiques

L'Annexe 40 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 par site et par prélèvement (ng/m^3).

La Figure 57 présente, pour chaque substance analysée (hors soufre), les paramètres de distribution principaux 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. Ce paramètre analytique ne peut toutefois pas à lui seul expliquer les résultats de contamination observés, puisque le folpel, qui est la 6^{ème} substance avec la plus grande fréquence de détection (FD = 13 %), est par exemple la 2^{ème} substance avec les limites analytiques les plus élevées.

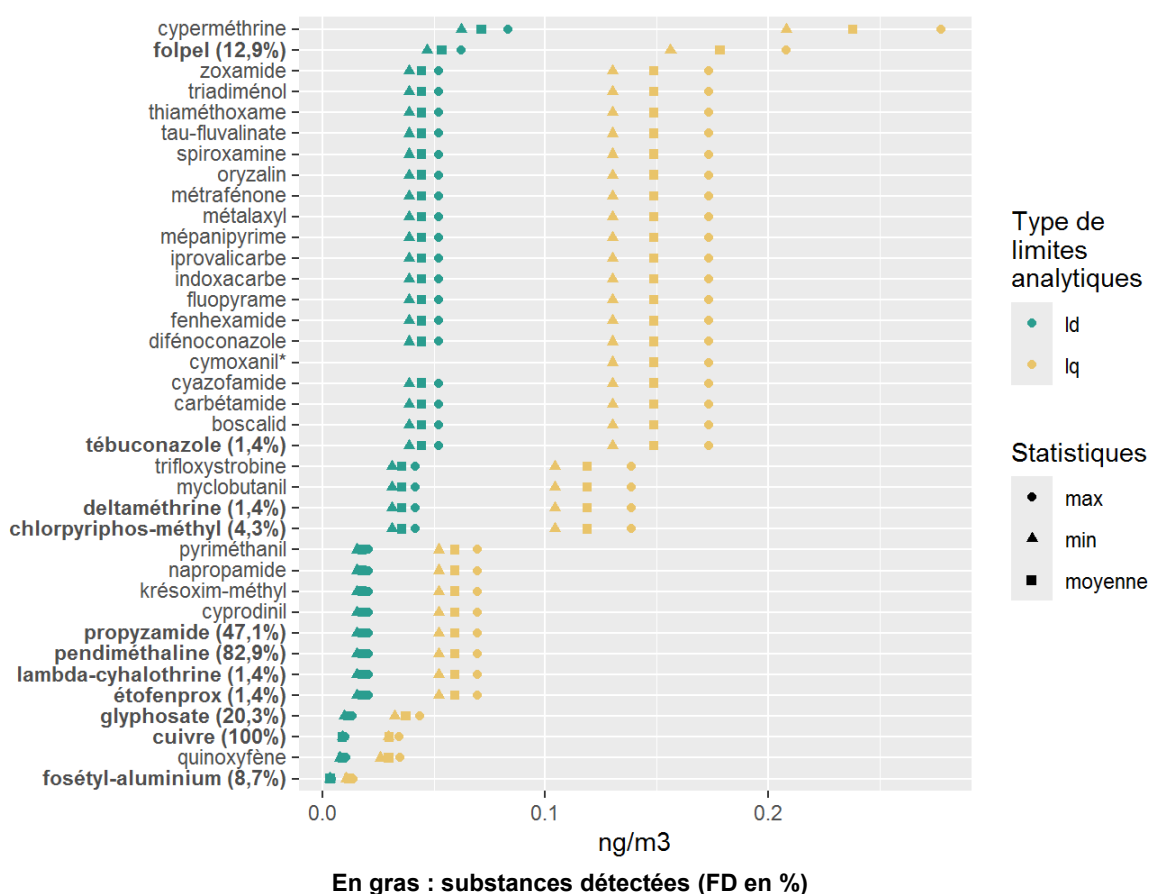


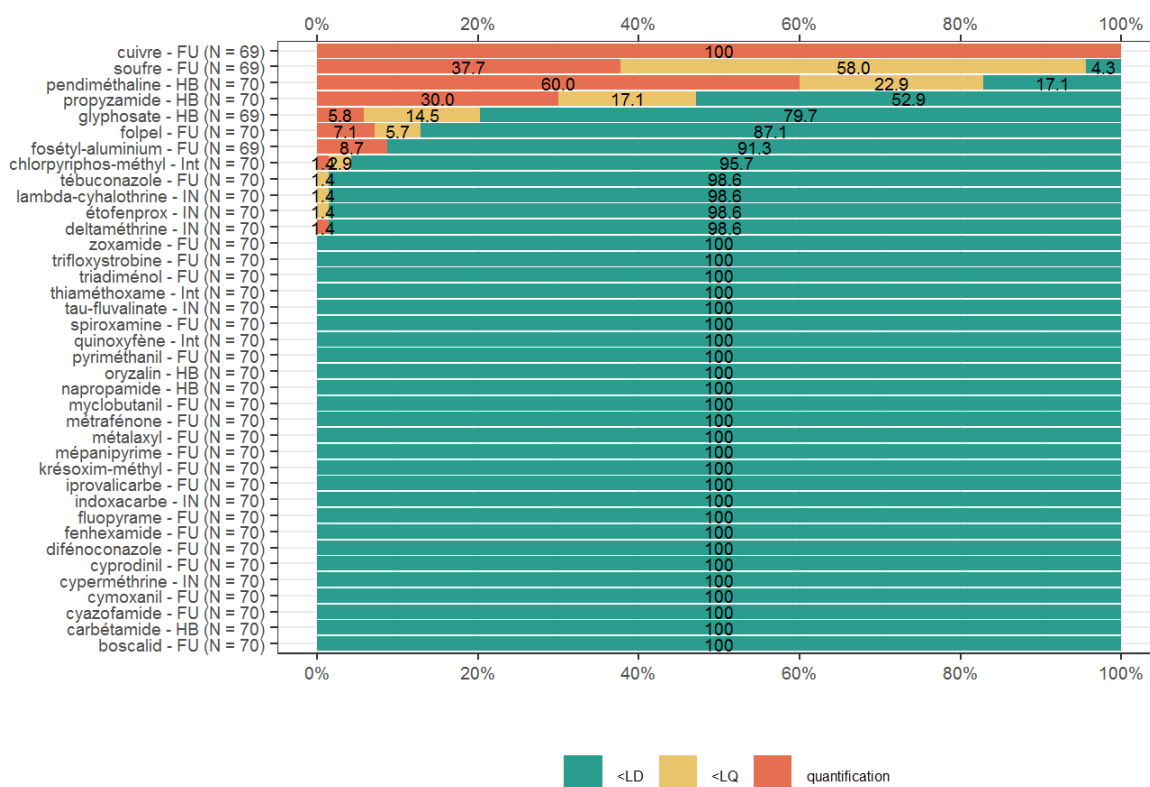
Figure 57 : Distribution des limites réelles de détection et de quantification (ng/m^3) des substances recherchées dans l'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Fréquences de détection et de quantification globales

La Figure 58 présente les fréquences de détection globale (FD_{globale}) et de quantification globale (FQ_{globale}) des 38 substances analysées dans les échantillons d'air ambiant collectés en zones viticoles en période hors traitement. Le Tableau 17 présente le classement des substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale (cf. Annexe 41 pour le classement selon la fréquence de détection globale).

Ainsi, sur 38 substances analysées, 12 sont détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement, dont 9 quantifiées. Parmi les substances les plus quantifiées :

- 1 substance (cuivre) est systématiquement quantifiée ;
- 1 substance (pendiméthaline) a une FQ comprise entre 50 % et 100 % ;
- 2 substances (soufre et propyzamide) ont une FQ comprise entre 20 % et 50 %.



Légende : FU = fongicide ; HB = herbicide, IN = insecticide

Figure 58 : Fréquences de détection et de quantification globales des 38 substances analysées dans l'air ambiant tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Tableau 17 : Classement des 9 substances quantifiées en fonction de la fréquence de quantification globale, parmi les 38 substances analysées dans l'air tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	
deltaméthrine	52918-63-5	1,4	FQ > 0 % - 9 substances
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	1,4	
glyphosate	1071-83-6	5,8	FQ > 5 % - 7 substances
folpel	133-07-3	7,1	
fosétyl-aluminium	15845-66-6	8,7	
propyzamide	23950-58-5	30,0	FQ ≥ 30 % - 4 substances
soufre	7704-34-9	37,7	
pendiméthaline	40487-42-1	60,0	FQ ≥ 60 % - 2 substances
cuivre	7440-50-8	100	FQ = 100 % - 1 substance

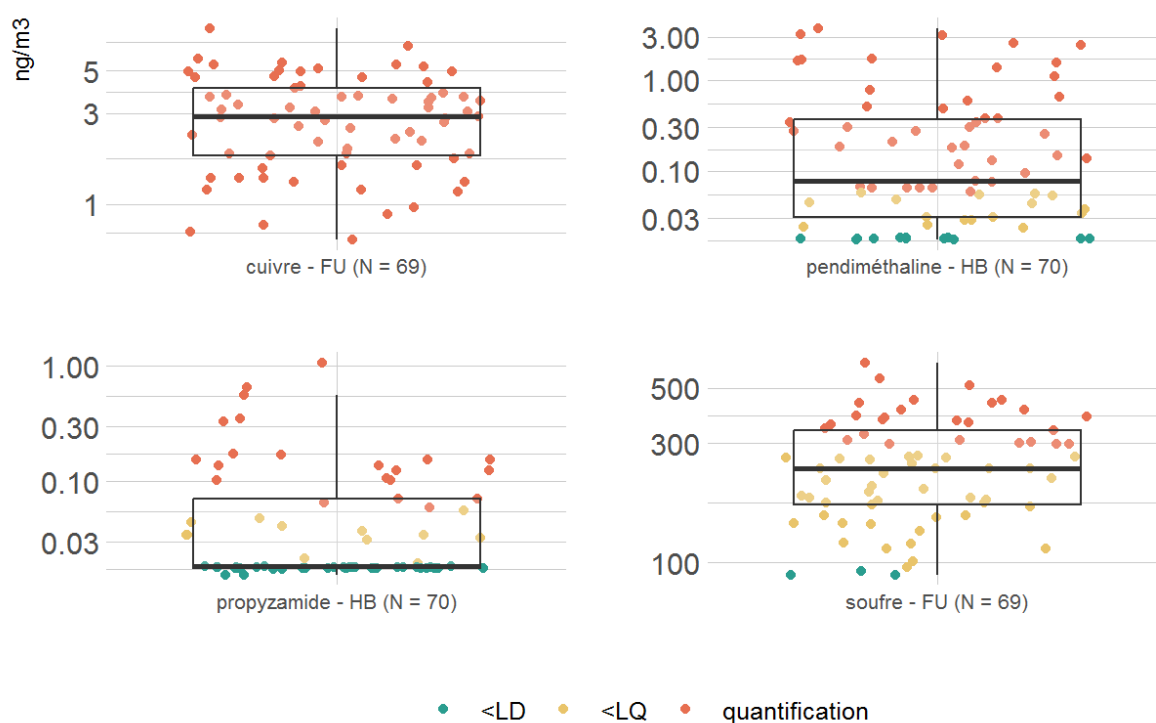
Le Tableau 18 détaille le nombre de sites en zones viticoles avec au moins une détection en période hors traitement pour les 12 substances détectées et le nombre de sites avec au moins une quantification pour les 9 substances quantifiées. Ainsi, le glyphosate, la pendiméthaline, le cuivre et le soufre sont détectés au moins une fois sur la totalité des 7 sites instrumentés. Seuls le cuivre et le soufre sont quantifiés au moins une fois sur la totalité des 7 sites.

Tableau 18 : Nombre de sites de prélèvements d'air ambiant en zones viticoles avec au moins une détection et au moins une quantification par substance sur l'ensemble de la période hors traitement (7 sites instrumentés). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Fréquence de détection globale (FD _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une détection (/7)	Fréquence de quantification globale (FQ _{globale}) (%)	Nombre sites avec au moins une quantification (/7)
étofenprox	80844-07-1	1,4	1	0	/
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	1,4	1	0	/
tébuconazole	107534-96-3	1,4	1	0	/
deltaméthrine	52918-63-5	1,4	1	1,4	1
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	4,3	1	1,4	1
fosétyl-aluminium	15845-66-6	8,7	6	8,7	6
folpel	133-07-3	12,9	6	7,1	2
glyphosate	1071-83-6	20,3	7	5,8	4
propyzamide	23950-58-5	47,1	6	30,0	4
pendiméthaline	40487-42-1	82,9	7	60,0	6
soufre	7704-34-9	95,7	7	37,7	7
cuivre	7440-50-8	100	7	100,0	7

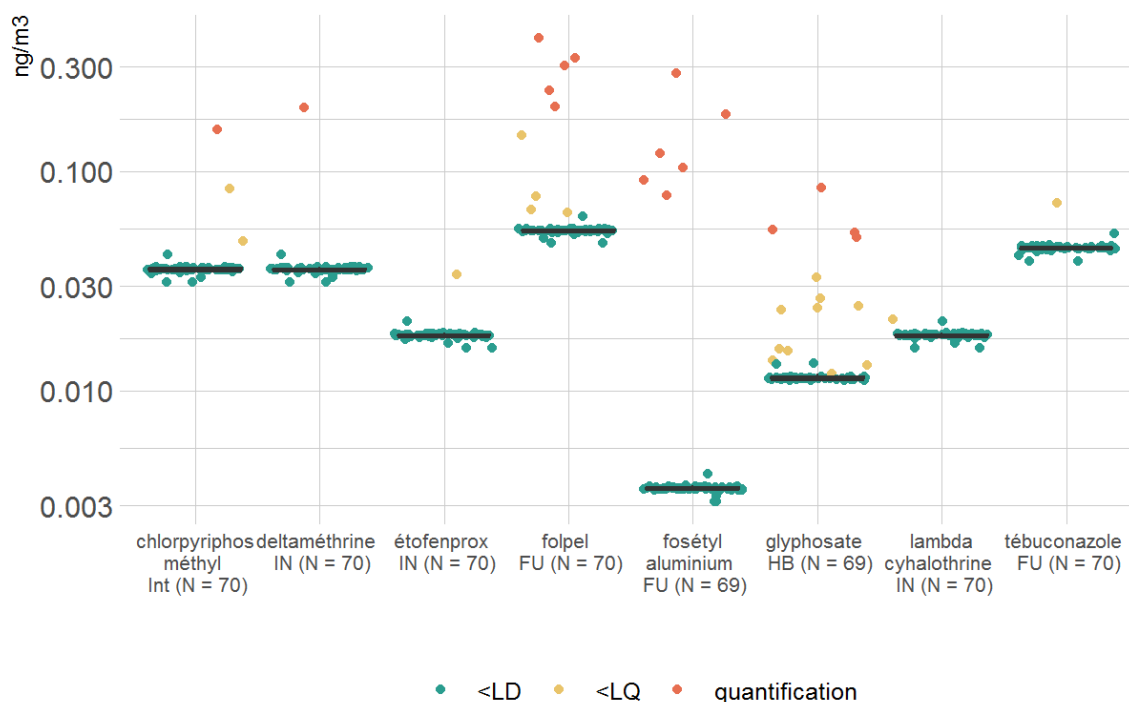
Distribution des concentrations par substance

Les Figure 59 et Figure 60 représentent les distributions des concentrations (en échelle logarithmique) des substances détectées (scénario de gestion des données censurées à gauche « UB_Machine », cf. 2.4.1) sur l'ensemble des sites en zones viticoles pendant la période hors traitement, les substances étant regroupées en 2 catégories selon leur fréquence de quantification globale (FQ_{globale}) : $FQ_{\text{globale}} > 20\%$ pour la Figure 59 et $FQ_{\text{globale}} < 20\%$ pour la Figure 60.



FU = fongicide ; HB = herbicide ; N = nombre d'échantillons ; Échelles spécifiques à chaque composé

Figure 59 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 4 substances avec une $FQ_{\text{globale}} > 20\%$ tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.



FU = fongicide ; IN = insecticide ; HB = herbicide ; N = nombre d'échantillons

Figure 60 : Distribution des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) des 8 substances avec une FQ_{globale} < 20 % tous sites confondus en zones viticoles sur l'ensemble de la période hors traitement (scénario « UB_Machine »). PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 42 présente le classement des substances en fonction respectivement de leurs concentrations moyenne (C_{moy}), médiane (P50), 95^{ème} centile (P95), maximale (C_{max}).

Focus sur les concentrations moyennes (C_{moy}) et les médianes (P50) :

Parmi les 3 substances détectées à plus de 50 %, les concentrations moyennes et médianes sont :

- supérieures à 1,0 ng/m³ pour 2 substances ($C_{\text{moy,cuivre}} = 3,1 \text{ ng/m}^3$, $C_{\text{moy,soufre}} = 259 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{cuivre}} = 2,9 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{soufre}} = 239 \text{ ng/m}^3$) ;
- inférieures à 0,5 ng/m³ pour 1 substance ($C_{\text{moy,pendiméthaline}} = 0,5 \text{ ng/m}^3$, $P50_{\text{pendiméthaline}} = 0,08 \text{ ng/m}^3$).

Pour les autres substances, ces deux paramètres (C_{moy} et P50) ne sont pas exploitables car trop dépendants du scénario de gestion des données censurées à gauche retenu.

Focus sur les 95^{ème} centiles (P95) :

Parmi les 7 substances détectées à plus de 5 %, les 95^{ème} centiles sont :

- supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance ($P95_{\text{soufre}} = 448,6 \text{ ng/m}^3$) ;
- compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 2 substances ($P95_{\text{cuivre}} = 5,4 \text{ ng/m}^3$ et $P95_{\text{pendiméthaline}} = 2,5 \text{ ng/m}^3$) ;
- compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances ($P95_{\text{propyzamide}} = 0,34 \text{ ng/m}^3$, $P95_{\text{folpel}} = 0,22 \text{ ng/m}^3$, $P95_{\text{fosétyl-aluminium}} = 0,10 \text{ ng/m}^3$).

Focus sur les concentrations maximales ($C_{\max}$) :

Parmi les substances détectées, les concentrations maximales sont :

- supérieures à 100 ng/m³ pour 1 substance ($C_{\max, \text{soufre}} = 632 \text{ ng/m}^3$) ;
- comprises entre 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances ($C_{\max, \text{cuivre}} = 8,3 \text{ ng/m}^3$, $C_{\max, \text{pendiméthaline}} = 3,7 \text{ ng/m}^3$ et $C_{\max, \text{propyzamide}} = 1,1 \text{ ng/m}^3$) ;
- comprises entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 4 substances ($C_{\max, \text{folpel}} = 0,40 \text{ ng/m}^3$, $C_{\max, \text{fosétyl-aluminium}} = 0,28 \text{ ng/m}^3$, $C_{\max, \text{deltaméthrine}} = 0,20 \text{ ng/m}^3$ et $C_{\max, \text{chlorpyrifos-méthyl}} = 0,15 \text{ ng/m}^3$).

Discussion et conclusion

L'Annexe 2 présente pour rappel les statuts et usages autorisés des substances analysées.

De la même façon que précédemment, la mesure du chlorpyrifos-méthyl (3 détections successives dont une quantification sur un seul site) pourrait être associée à un mésusage ponctuel et local²³.

Les 11 autres substances détectées avaient des usages autorisés en tant que PPP pendant la campagne de mesures. Plusieurs hypothèses peuvent donc être formulées pour tenter d'expliquer les résultats obtenus en zones viticoles hors période de traitement des vignes :

- **contamination chronique de l'air pour le cuivre et le soufre**, deux substances pour lesquelles la fréquence de détection est supérieure à 95 %. Pour le cuivre, cette hypothèse est confirmée par la bibliographie et les données déjà disponibles (cf. 2.3.2.4 et Annexe 43) et par les indicateurs spatialisés de niveau 2. En effet, d'après ces indicateurs, il n'y a probablement eu aucune utilisation de cuivre sur toute la période sur les vignes localisées dans un cercle de rayon de 1000 m autour des 7 sites d'intérêt, et une seule utilisation probable de soufre très ponctuelle la dernière semaine de prélèvement autour du site d'Armissan ;
- **contamination ponctuelle suite à des traitements qui peuvent tout de même être effectués sur la vigne à cette période pour les substances herbicides uniquement** (glyphosate, propyzamide, pendiméthaline). Toutefois, cette hypothèse est peu probable :
 - o seulement environ 5 % et 0,5 % de la surface des vignes était traitée respectivement avec le propyzamide et la pendiméthaline en 2019 selon l'enquête sur les pratiques culturales en viticulture réalisée en 2019³⁴. Ces deux substances sont majoritairement utilisées pour désherber les grandes cultures et/ou les cultures maraîchères ;
 - o selon l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans le cercle de rayon 0-1000 m, la pendiméthaline est utilisée sur les vignes autour du site du Mesnil-sur-Oger uniquement la dernière semaine de la période hors traitement, ce qui ne permet pas d'expliquer la FD de 83 % pour cette substance ;
 - o selon l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans le cercle de rayon 0-1000 m, le propyzamide est utilisé à partir de mi-décembre sur les vignes autour de 2 des 7 sites de prélèvements (La Croix Valmer et Blancs-Coteaux), ce qui ne permet pas d'expliquer la FD de 47 % pour cette substance ;
 - o selon l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans le cercle de rayon 0-1000 m, de le glyphosate est utilisé de façon très ponctuelle la dernière semaine de prélèvement sur les vignes autour des 7 sites de prélèvements, ce qui ne permet pas d'expliquer la FD de 20 % pour cette substance ;
 - o la faible probabilité d'utilisation de ces 3 substances peut *a priori* se généraliser aux parcelles de vignes localisées dans des cercles de plus grands rayons ;

³⁴ [Enquête Pratiques culturales en viticulture en 2019 - IFT et nombre de traitements|Agreste, la statistique agricole](#)

- **contamination ponctuelle de l'air suite à des traitements sur des cultures autres que la vigne**, puisqu'aucune des 11 substances détectées n'est spécifique de la vigne :
 - o la contamination **courte distance** est peu probable. Pour rappel, la méthode de sélection des sites a retenu comme critère l'absence quasi-totale (moins de 0,5 % de la superficie agricole) de cultures, autres que la vigne, susceptibles d'être traitées dans un cercle de rayon de 1500 m, ce qui est bien le cas d'après l'indicateur « Densité des autres cultures dans un cercle de rayon de 1000 m » (cf. Annexe 6) ;
 - o la contamination **moyenne distance** (cf. indicateur « Densité des grandes cultures dans un cercle de rayon de 5 km » en Annexe 6) **et/ou longue distance** selon les sites est possible. Par exemple, la pendiméthaline et le propyzamide peuvent être utilisés sur grandes cultures à la fin de l'automne, voire au début de l'hiver. De plus, de par sa pression de vapeur saturante relativement élevée ($P_{\text{sat}} = 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$)³⁵, la pendiméthaline peut faire l'objet de pertes par volatilisation, en plus d'être émise vers l'atmosphère par dérive (l'utilisation de buses anti-dérives pour les produits à base de pendiméthaline pour limiter sa dérive était d'ailleurs obligatoire au moment de la réalisation de l'étude).
- **pour 4 substances (tébuconazole, deltaméthrine, soufre et cuivre), contamination ponctuelle associée à un usage biocide ou un usage médicament vétérinaire** pendant la durée de l'enquête. Toutefois, cette hypothèse reste difficile à vérifier ;
- **une contamination de l'air pourrait également se produire via le sol** (volatilisation, remise en suspension de particules par exemple lors du travail du sol).

À noter que parmi les 26 substances non détectées :

- le quinoxifène, le thiaméthoxame et le triadiménol sont les trois seules substances qui n'avaient pas d'usages PPP autorisés en France au moment de la campagne de mesures, avec le thiaméthoxame qui avait tout de même des usages biocides TP8³⁶ autorisés ;
- le napropamide, l'oryzalin et la trifloxystrobine sont les 3 seules substances pour lesquelles une utilisation très ponctuelle est estimée par l'indicateur spatialisé de niveau 2 dans un cercle de rayon de 1000 m la dernière semaine de prélèvement autour d'un ou plusieurs sites de prélèvements (napropamide : tous les sites ; oryzalin : site du Mesnil-sur-Oger ; trifloxystrobine : site d'Armissan).

³⁵ PPDB : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/511.htm>

³⁶ Produits TP8 : produits insecticides, acaricides et produits utilisés pour lutter contre les autres arthropodes.

Conclusion des mesures par substance en zones viticoles sur toute la période hors traitement (11/10/2021 au 22/02/2022)

Sur 38 substances recherchées, 12 sont détectées, dont 9 quantifiées. 11 substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

5 substances sont détectées à plus de 20 % dont 34 substances (cuivre, soufre, pendiméthaline) au-delà de 50 %, parmi lesquelles 2 (cuivre et pendiméthaline) quantifiées à plus de 50 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre et de la pendiméthaline sont respectivement de 259 ng/m³, 3,1 ng/m³ et 0,5 ng/m³.

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 2 substances (cuivre et pendiméthaline) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances (propyzamide, folpel, fosétyl-aluminium).

4.3.3.2 Analyses quantitatives par substance et par site sur l'ensemble de la période hors traitement

Avertissement

Les résultats présentés dans cette partie 4.3.3.2 sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par substance par site sur l'ensemble de la période hors traitement est compris entre 9 et 10 (car 9 à 10 prélèvements par site).

Synthèse

L'Annexe 44 décrit par substance et par site le nombre d'échantillons, les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) ainsi que les paramètres de distribution des concentrations (C_{moy} , C_{min} , P5, P25, P50, P75, P95, C_{max}) après application du scénario de gestion des données censurées « UB_Machine » pour les sites en zones viticoles en période hors traitement.

Fréquences de détection et de quantification par substance par site sur l'ensemble de la période hors traitement

La Figure 61 présente les FD et FQ par site des 12 substances détectées :

- le cuivre est systématiquement détecté (FD = 100 %) et quantifié (FQ = 100 %) sur les 7 sites de mesures ;
- le soufre est quasiment systématiquement détecté ($90 \% \leq \text{FD} \leq 100 \%$) mais avec des FQ variables comprises entre 22 % et 50 % selon les sites ;
- la pendiméthaline et le propyzamide sont détectés sur quasiment l'ensemble des sites de mesures (pour la pendiméthaline : $20 \% \leq \text{FD} \leq 100 \%$; pour le propyzamide : $0 \% \leq \text{FD} \leq 90 \%$). Pour la pendiméthaline, 2 des 7 sites ont une fréquence de quantification égale à 100 % (Chenôve et Le Mesnil-sur-Oger). Ces deux sites ont les pourcentages de grandes cultures dans un cercle de rayon de 5 km les plus élevés parmi tous les sites (respectivement 25 % et 39 %) (cf. Annexe 6) ;
- le glyphosate, le fosétyl-aluminium et le folpel sont détectés ou quantifiés très ponctuellement dans le temps mais sur la majorité des sites (FD et FQ comprises entre 0 % et 30 %) ;
- la deltaméthrine, l'étofenprox, la lambda-cyhalothine et le tébuconazole ont été détectés ou quantifiés une seule fois sur un seul site, ce qui semble mettre en évidence

une contamination ponctuelle associée probablement à un traitement spécifique dans l'environnement d'un site ;

- pour le chlorpyrifos-méthyl, les résultats ne sont pas exploités puisque probablement associés à un mésusage²³.



Figure 61 : Fréquences de détection et de quantification par site pour les 12 substances détectées dans l'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Une autre représentation graphique est disponible en Annexe 45.

Concentrations par substance par site sur l'ensemble de la période hors traitement

Les distributions des concentrations par substance par site pendant toute la période hors traitement pour les 12 substances détectées sont présentées en Annexe 46.

Conclusion des analyses quantitatives par substance et par site en zones viticoles sur toute la période hors traitement (11/10/2021 au 22/02/2022)

Les substances ayant une $FD_{globale}$ supérieure à 20 % (cuivre, soufre, pendiméthaline, glyphosate, propyzamide) sont détectées sur tous les sites hors période de traitement, hormis pour le propyzamide sur le site de la Croix-Valmer. Le cuivre est systématiquement quantifié sur tous les sites.

4.3.3.3 Distribution temporelle par substance tous sites confondus

Avertissement

Pour rappel, la stratégie d'échantillonnage prévoit un prélèvement une semaine sur deux pendant la période hors traitement des vignes. Ainsi, les résultats sont à interpréter avec prudence puisque le nombre d'analyses par semaine de prélèvement est au maximum de 7 pour les semaines de mesures prévues initialement au plan d'échantillonnage (correspondant aux 7 sites de mesures). Les semaines non prévues initialement au plan d'échantillonnage ont parfois une seule mesure pour compenser le prélèvement invalide d'un site d'une autre semaine.

Distribution temporelle des fréquences de détection et de quantification par substance tous sites confondus

La Figure 62 présente par semaine les fréquences de détection et de quantification tous sites confondus des 12 substances détectées. Parmi les 9 substances quantifiées :

- le cuivre est systématiquement quantifié sur toute la période hors traitement ;
- le soufre est quasiment systématiquement détecté sur toute la période hors traitement ;
- la pendiméthaline est quasiment systématiquement quantifiée de mi-octobre à mi-février ;
- le propyzamide est quasiment systématiquement quantifié de fin octobre à mi-février ;
- le glyphosate, le fosétyl-aluminium et le folpel ont été quantifiés/détectés uniquement en début de période hors traitement, ce qui laisse supposer qu'il pourrait s'agir de la fin de la détection associée à des utilisations à l'été 2021 ;
- la deltaméthrine est quantifiée ponctuellement sur un site pendant une semaine ;
- pour le chlorpyrifos-méthyl, les résultats ne sont pas exploités puisque probablement associés à un mésusage²³.

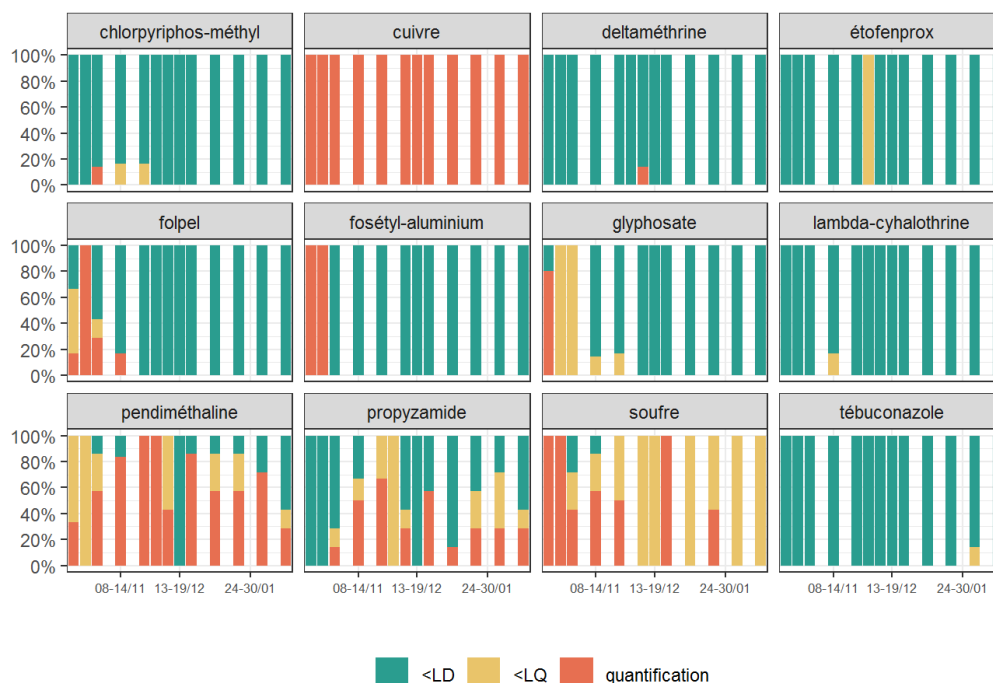


Figure 62 : Fréquences de détection et de quantification par semaine pour l'ensemble des sites pour les 12 substances détectées dans l'air ambiant sur les sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Les graphiques qui détaillent le nombre d'analyses et les fréquences de détection et de quantification par substance par semaine tous sites confondus sont disponibles en Annexe 47.

Distribution temporelle des concentrations par substance tous sites confondus

Les Figure 63 à Figure 71 présentent les concentrations (en échelle logarithmique) par substance par semaine pour l'ensemble des sites des 9 substances quantifiées :

- pour le cuivre et le soufre, les niveaux de contamination semblent diminuer au cours de la période hors traitement ;
- la pendiméthaline présente un pic de concentration entre fin octobre et fin novembre, avec ensuite des concentrations qui diminuent progressivement ;
- le propyzamide présente un pic de concentration qui semble démarrer à partir de mi-novembre et jusqu'à fin décembre ;
- pour le glyphosate, le fosétyl-aluminium et le folpel, l'observation est similaire à celle formulée ci-dessus ;
- la deltaméthrine, l'étofenprox, la lambda-cyhalothine et le tébuconazole ont été détectés ou quantifiés une seule fois ;
- pour le chlorpyrifos-méthyl, les résultats ne sont pas exploités puisque probablement associés à un mésusage²³.

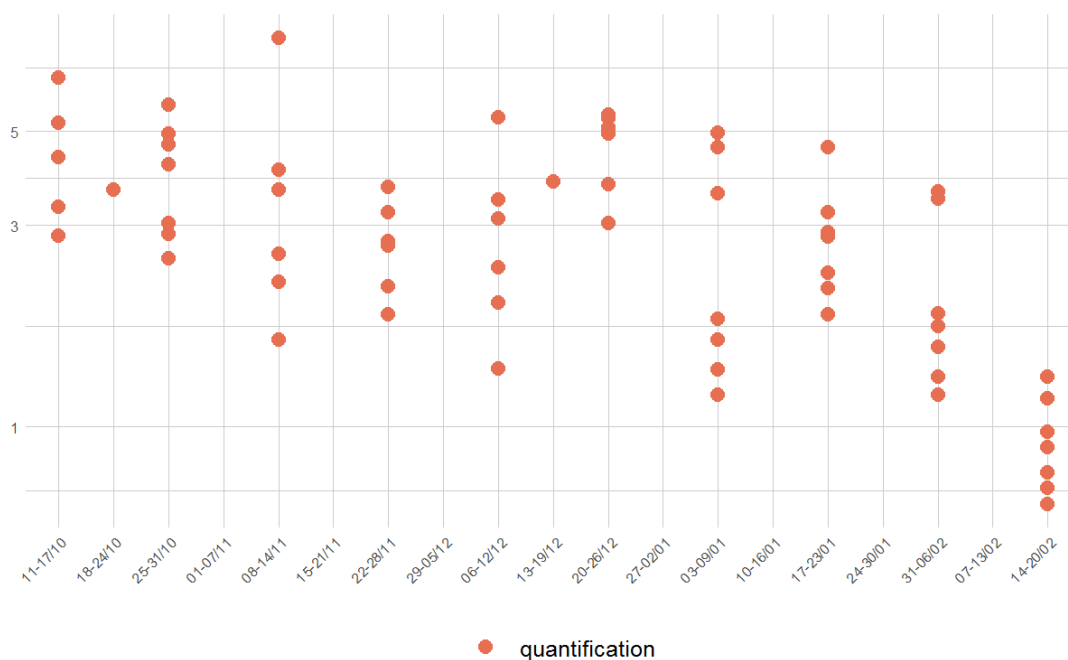


Figure 63 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du cuivre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

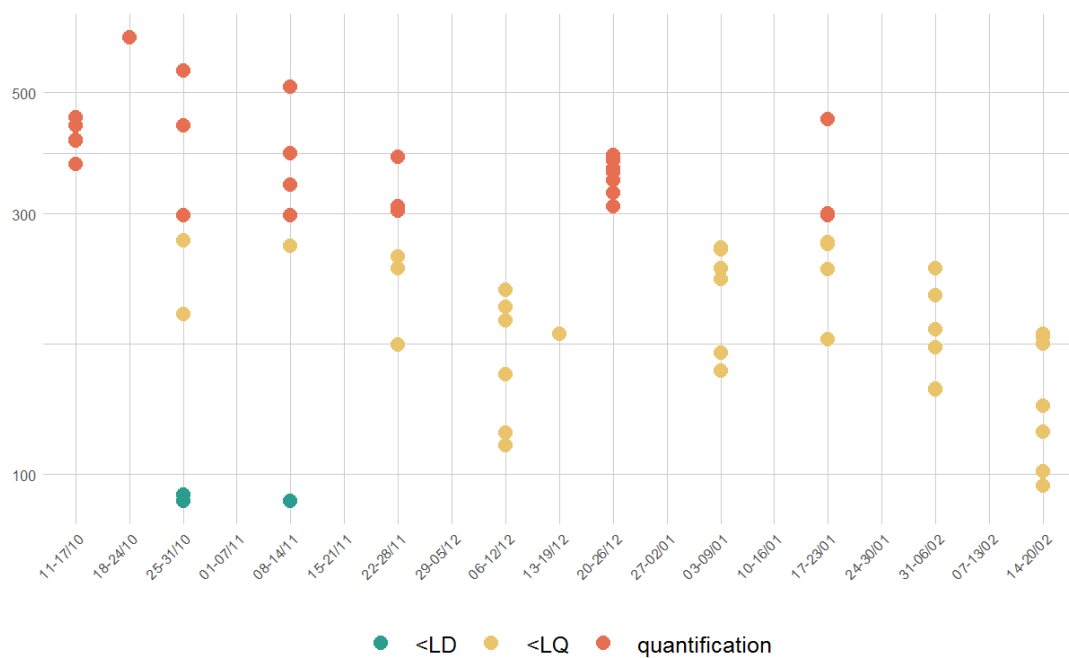


Figure 64 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du soufre par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

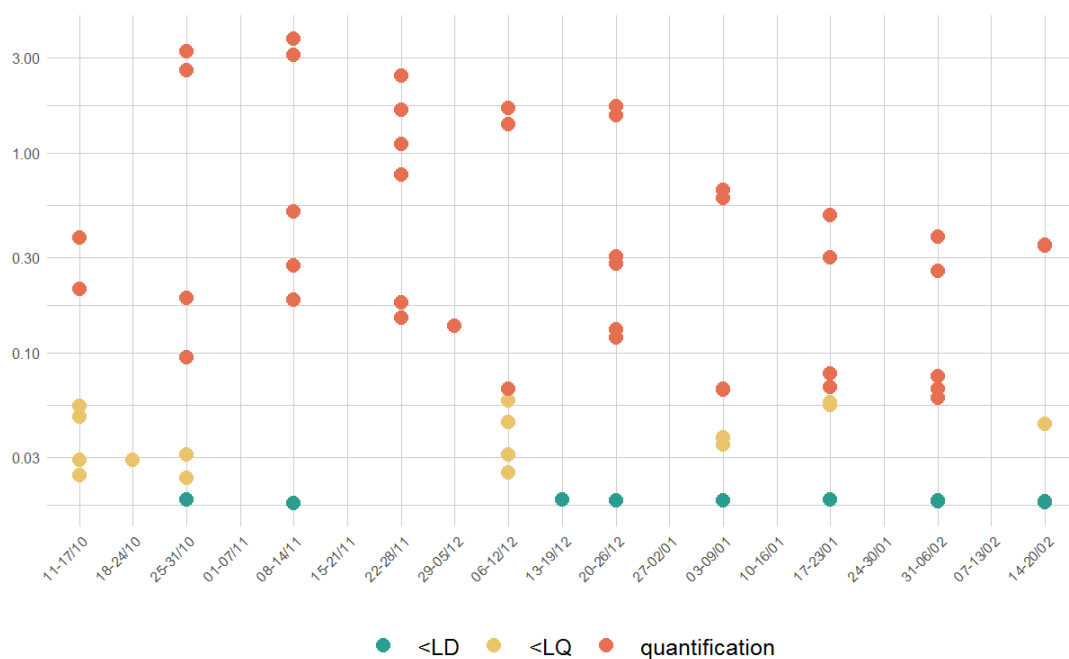


Figure 65 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la pendiméthaline par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

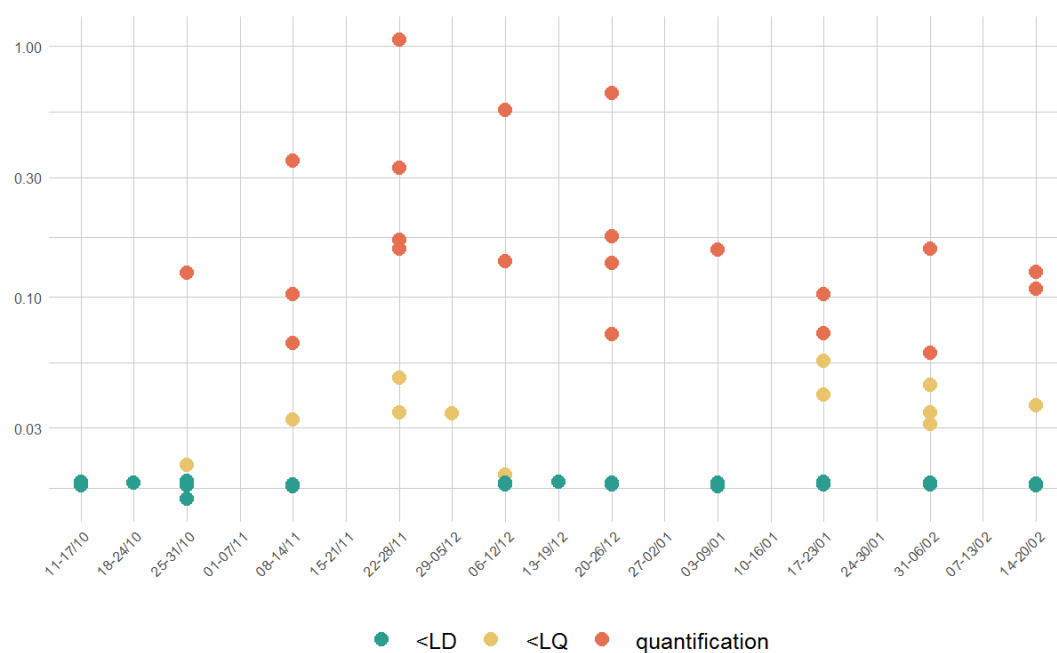


Figure 66 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du propyzamide par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

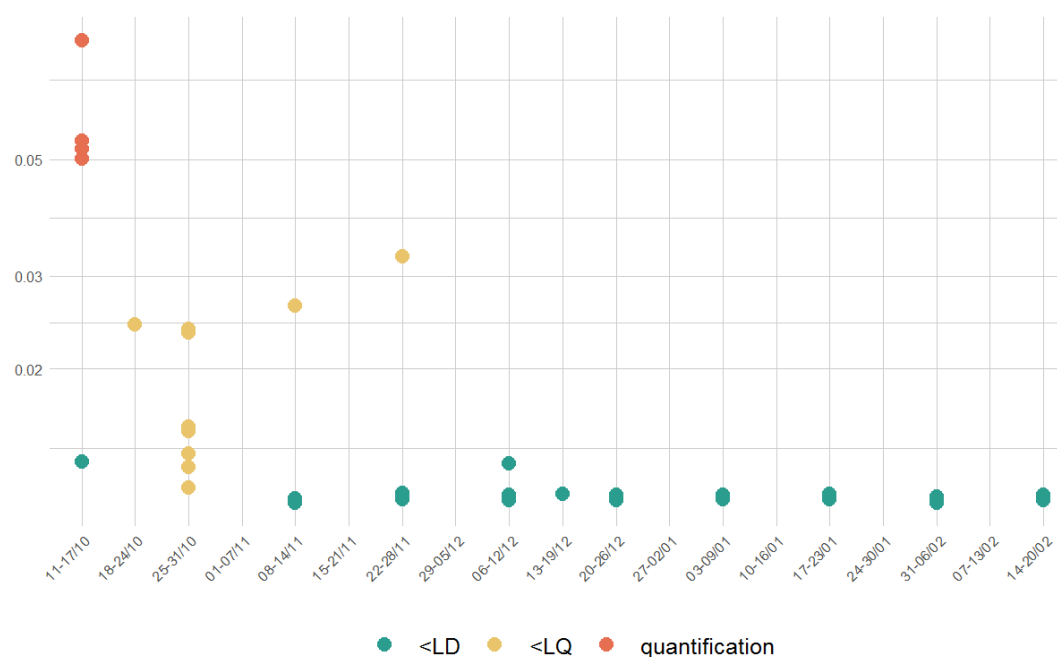


Figure 67 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du glyphosate par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

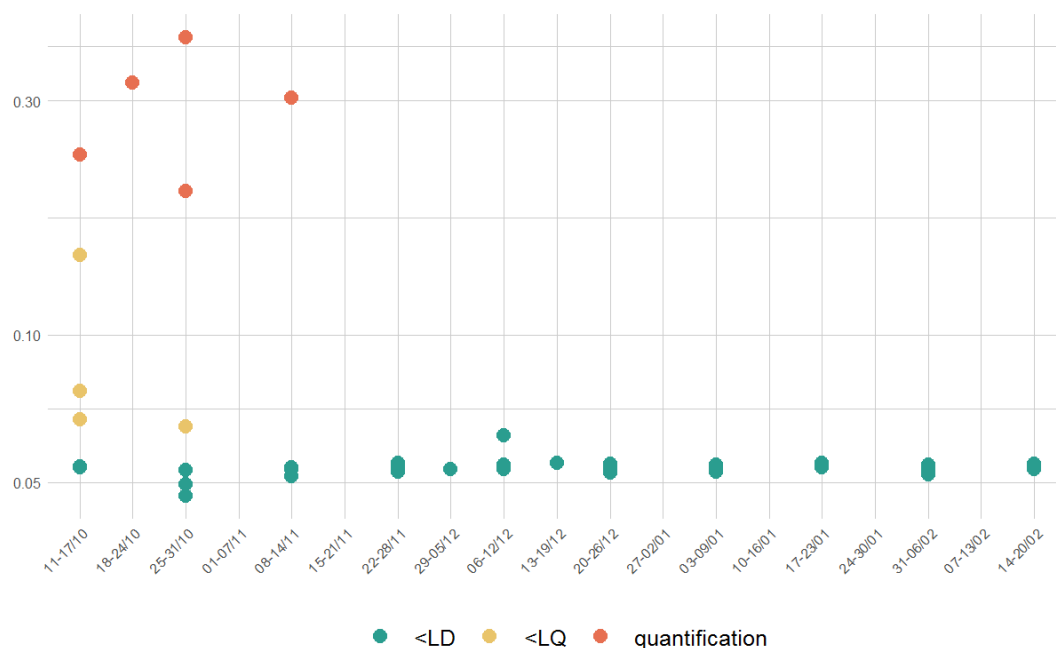


Figure 68 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du folpet par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

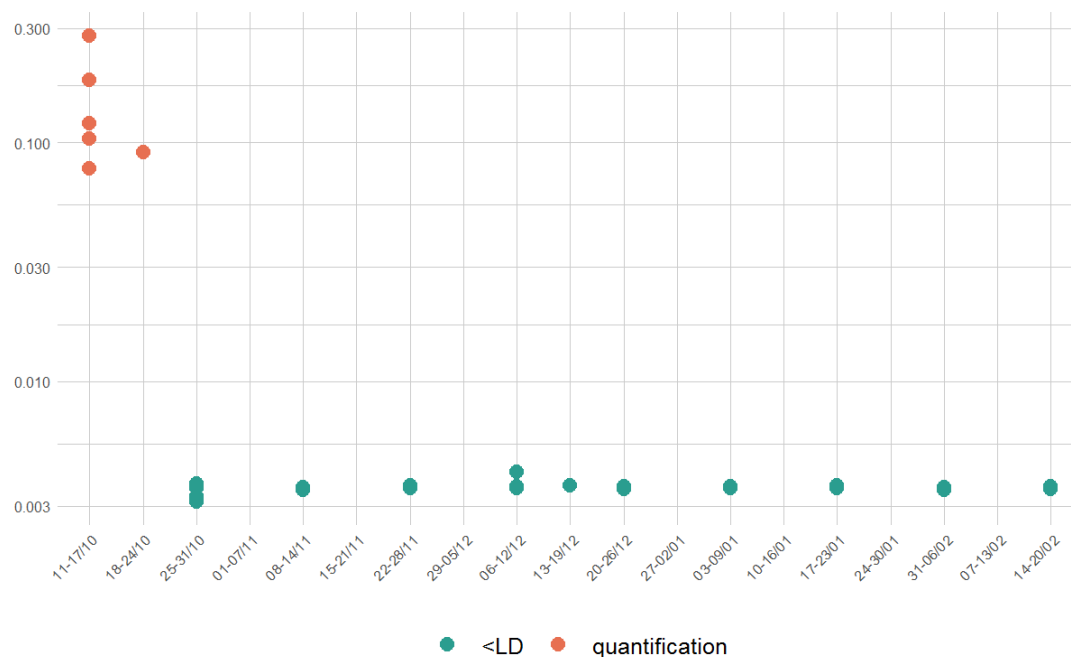


Figure 69 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du fosétyl-aluminium par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

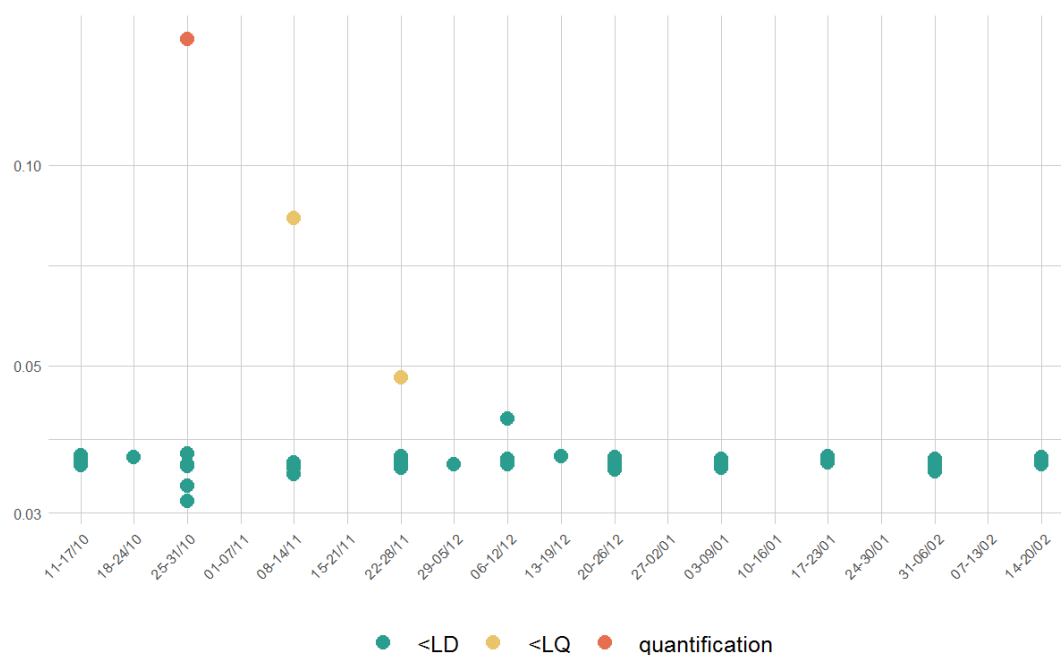


Figure 70 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du chlorpyrifos-méthyl par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

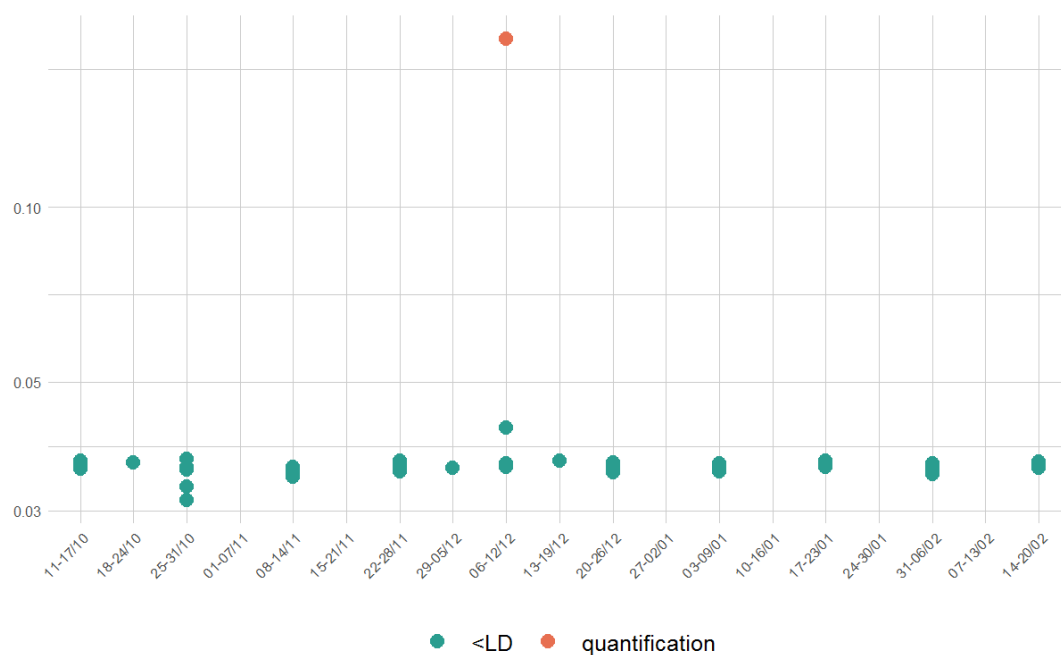


Figure 71 : Concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la deltaméthrine par semaine pour l'ensemble des sites en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

L'Annexe 48 présente les concentrations par substance par semaine pour l'ensemble des sites des 3 substances détectées mais non quantifiées.

Conclusion des distributions temporelles par substance tous sites de zones viticoles confondus et hors période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Pour les 12 substances détectées dans l'air ambiant tous sites de zones viticoles confondus et hors période de traitement :

- le cuivre est systématiquement quantifié ;
- le soufre est quasiment systématiquement détecté ;
- la pendiméthaline et le propyzamide sont régulièrement détectés et quantifiés au cours de la période hors traitement ;
- les autres substances sont détectées/quantifiées sur des périodes très ciblées.

4.3.3.4 Distribution temporelle par site du nombre de substances détectées et quantifiées

Les Figure 72 et Figure 73 présentent respectivement le nombre de substances détectées et quantifiées par site par semaine en zones viticoles en période hors traitement.

Aide à l'interprétation du graphique :

Par exemple, pour le site d'Armissan, 2 et 4 substances ont été détectées respectivement la première et la dernière semaine de prélèvement. Sur l'ensemble de la période hors traitement, entre 2 et 5 substances ont été détectées par semaine sur ce site. Ce graphique permet également de positionner les résultats obtenus pour ce site par rapport aux autres sites dans leur ensemble (via les lignes grises).

Au global, sur les sites en zones viticoles en période hors traitement, jusqu'à 6 substances sont détectées ou quantifiées sur un site par semaine de prélèvement. À noter que le site du Mesnil-sur-Oger est celui qui a le plus de substances quantifiées quelle que soit la semaine en période hors traitement des vignes.



Figure 72 : Nombre de substances détectées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période hors traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

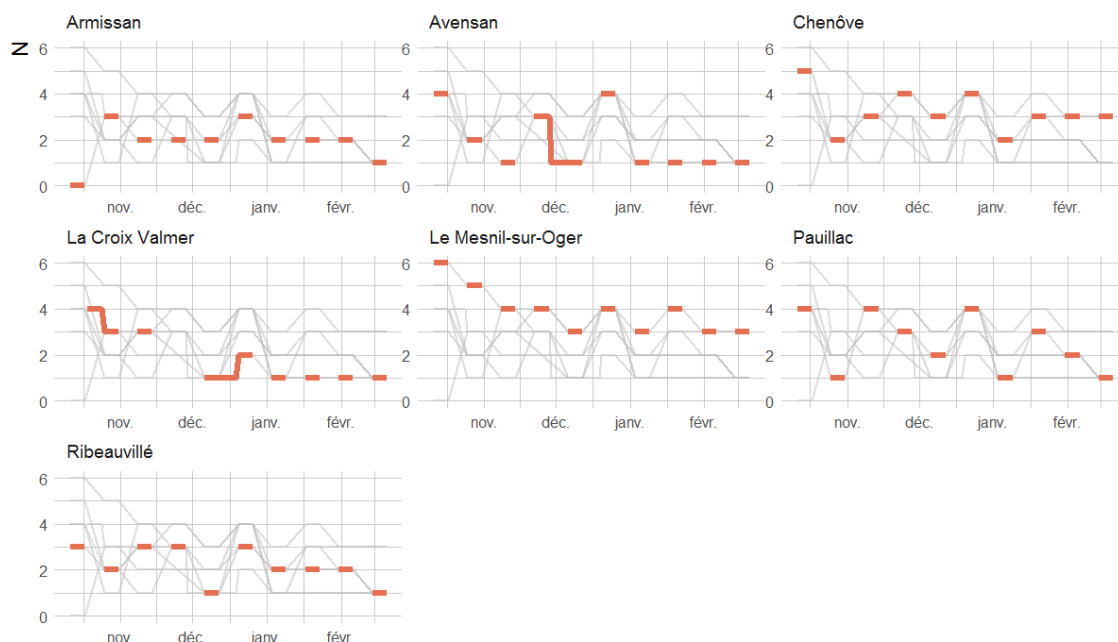


Figure 73 : Nombre de substances quantifiées dans l'air ambiant par site par semaine en zones viticoles en période hors traitement (en gris, le nombre de substances détectées pour les autres sites). PestiRiv, France, 2021-2022.

Conclusion des distributions temporelles par site en zones viticoles du nombre de substances détectées et quantifiées, hors période de traitement (11/10/2021 au 22/02/2022)

Sur les sites en zones viticoles hors période de traitement, jusqu'à 6 substances sont détectées et quantifiées sur un site lors d'une semaine de prélèvement.

4.3.3.5 Distribution temporelle des concentrations par substance et par site

Les Figure 74 à Figure 82 présentent la distribution temporelle des concentrations par semaine par site des 9 substances quantifiées :

- quel que soit le site, les concentrations en cuivre semblent osciller au cours du temps et varient entre environ 1 et 8 ng/m³ ;
- les concentrations en soufre sont stables entre 300 ng/m³ et 500 ng/m³, avec toutefois un pic de concentration à 632 ng/m³ en octobre à La Croix-Valmer ;
- pour la pendiméthaline, le site de La Croix-Valmer est le seul à ne pas avoir quantifié cette substance. Comme déjà évoqué précédemment, les sites de Chenôve et du Mesnil-sur-Oger se démarquent avec une fréquence de quantification de 100 % pour cette substance et des pics de contamination très similaires (autour de 3,5 ng/m³). Pour les 4 sites restants, les pics de contamination sont moins marqués (autour de 1 ng/m³) ;
- pour le propyzamide, c'est globalement similaire à la pendiméthaline, avec toutefois des niveaux de concentration plus faibles dans l'ensemble (pic autour de 1 ng/m³ pour le site du Mesnil-sur-Oger) ;
- le glyphosate, le fosétyl-aluminium et le folpel, sont quantifiés en début de période ;
- la deltaméthrine est quantifiée une seule fois ;
- pour le chlorpyrifos-méthyl, les résultats ne sont pas exploités puisque probablement associés à un mésusage²³.

Pour l'ensemble de ces substances, la confrontation des données de concentrations avec celles des indicateurs spatialisés de niveau 2 ne permet pas d'expliquer les niveaux de contamination observés, comme déjà explicité au paragraphe « Discussion » de 4.3.3.1.

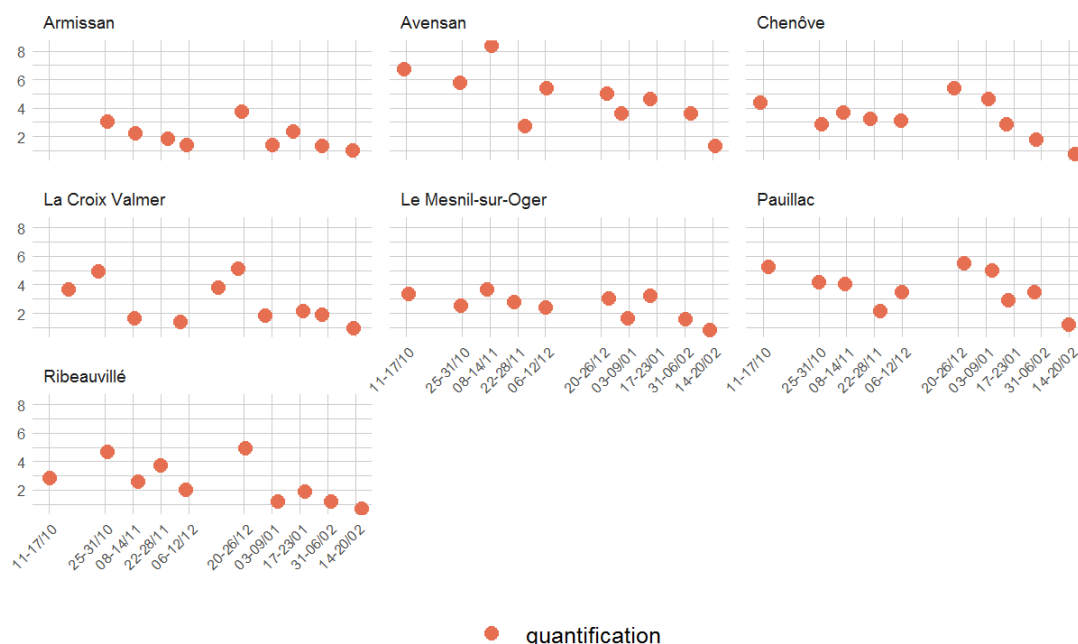


Figure 74 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du cuivre en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 75 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du soufre en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

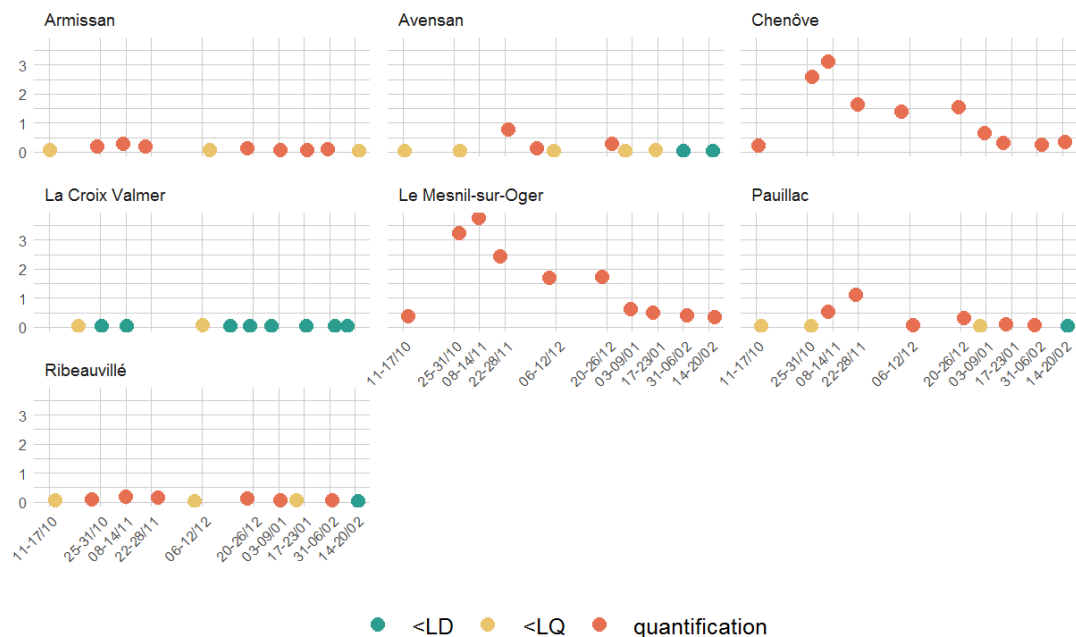


Figure 76 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la pendiméthaline en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 77 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du propyzamide en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

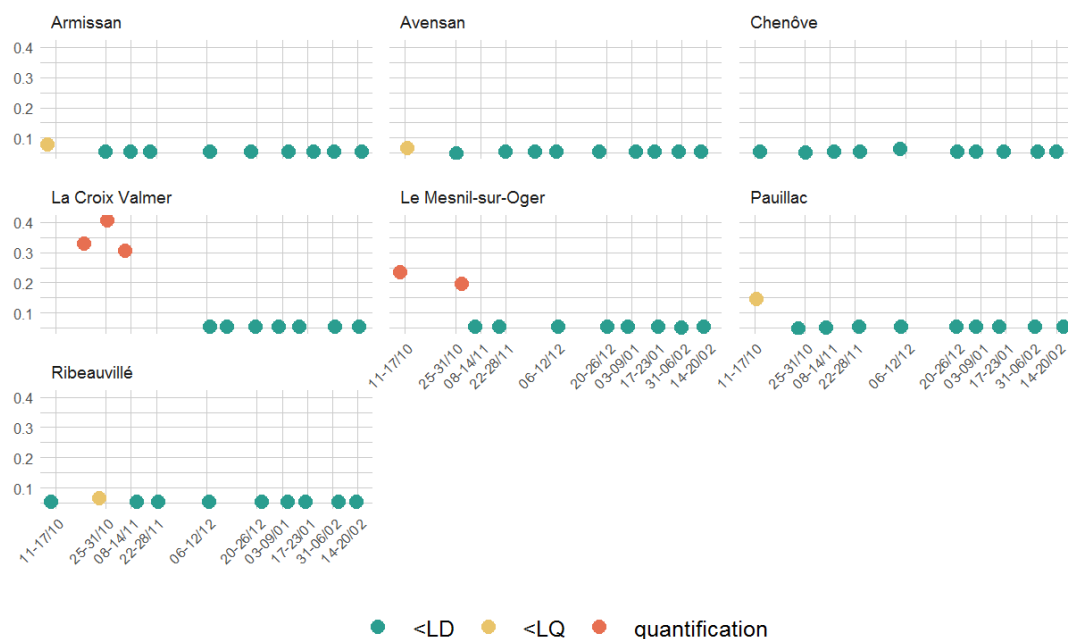


Figure 78 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du folpel en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

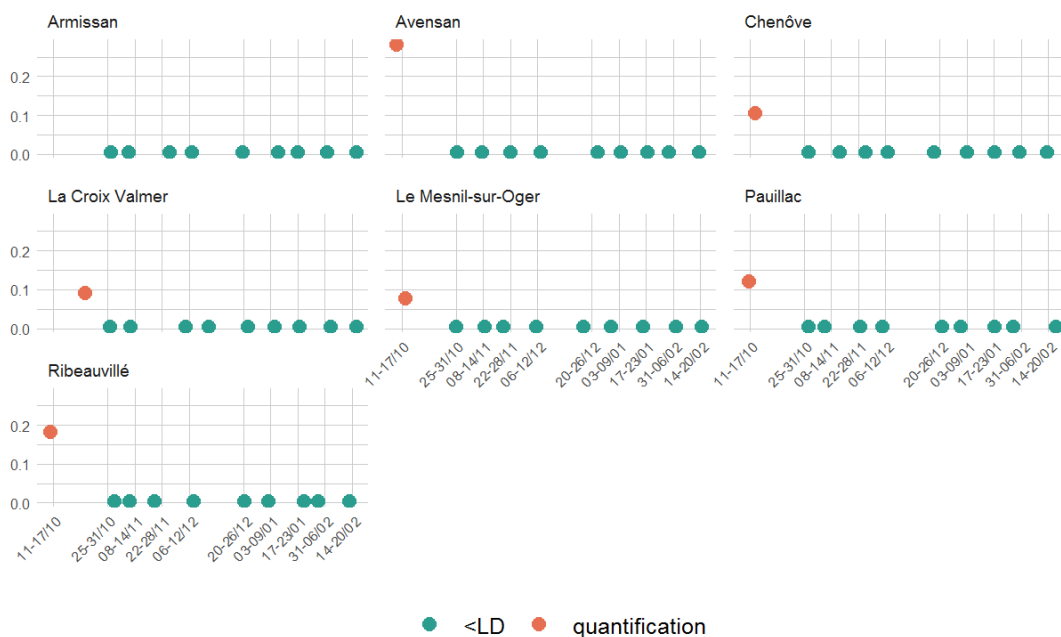


Figure 79 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du fosétyl-aluminium en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

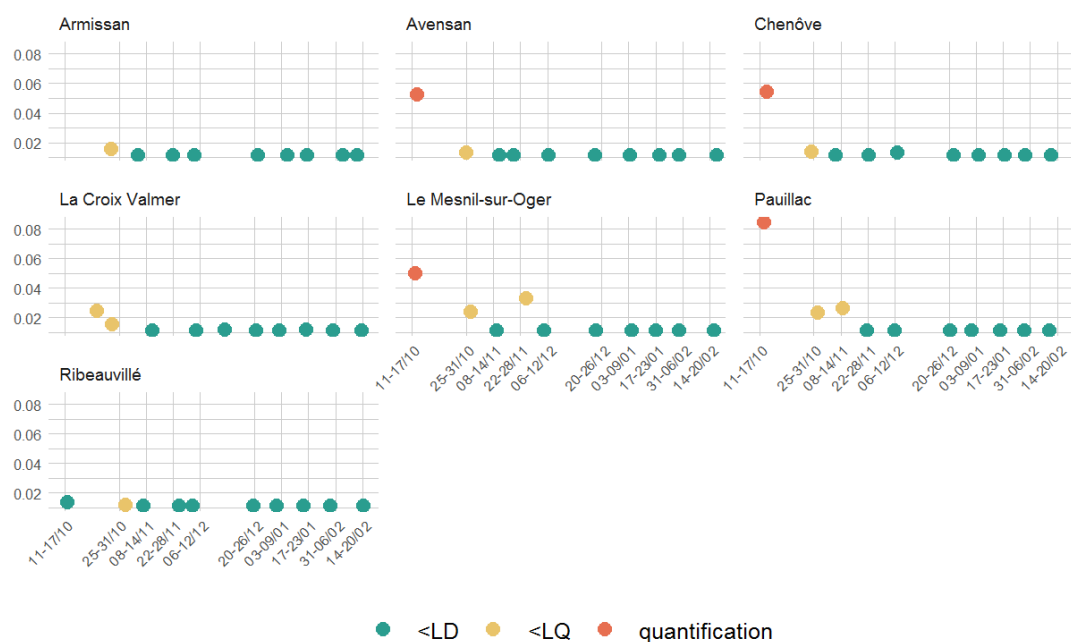


Figure 80 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du glyphosate en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 81 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) de la deltaméthrine en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

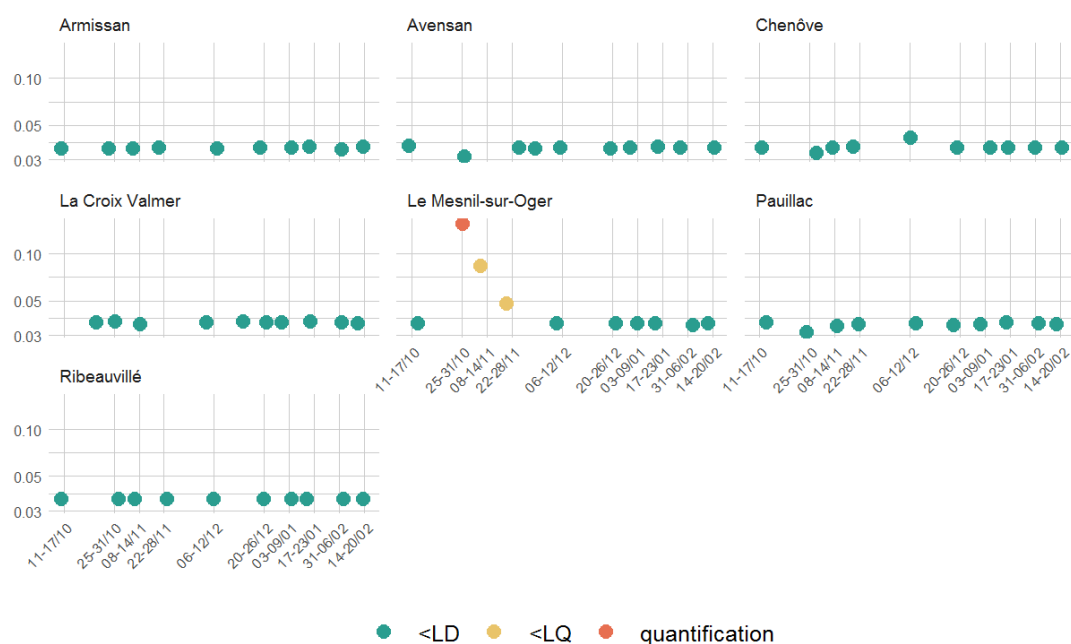


Figure 82 : Distribution temporelle par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) du chlorpyrifos-méthyl en zones viticoles en période hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Les graphiques des 3 substances détectées mais non quantifiées sont disponibles en Annexe 49. Une autre représentation graphique qui présente l'avantage de faciliter la comparaison entre les sites est disponible en Annexe 50.

À noter que la superposition graphique des données de concentration des échantillons d'air ambiant des sites en zones viticoles en période hors traitement avec les valeurs des indicateurs spatialisés de niveau 2 dans un cercle de rayon de 1000 m est disponible pour information en Annexe 51.

Conclusion des distributions temporelles des concentrations par substance et par site en zones viticoles en période hors traitement (11/10/2021 au 22/02/2022)

Par substance, les profils temporels des concentrations entre les différents sites en zones viticoles en période hors traitement ne peuvent pas être considérés comme similaires, hormis pour le fosétyl-aluminium pour lequel un pic de concentration est observé sur tous les sites en début de période.

5 COMPARAISON DE LA CONTAMINATION DE L'AIR AMBIANT EN ZONES VITICOLES ET EN ZONES NON VITICOLES

L'objectif est de comparer les contaminations de l'air ambiant en période de traitement en zones viticoles (7 sites pour le cuivre, le soufre, le glyphosate et le fosétyl-aluminium ; 16 sites pour les autres substances) avec celles en zones non viticoles (7 sites pour toutes les substances).

5.1 Analyses descriptives

Des analyses descriptives associées à des éléments de comparaison graphique sont d'abord réalisées pour comparer les contaminations entre les sites de zones viticoles et les sites de zones non viticoles en période de traitement.

5.1.1 Comparaison de fréquences de détection et de quantification

Les Tableau 19 et Tableau 20 comparent les fréquences de détection et de quantification globales en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de $FD_{globale}$ et les différences de $FQ_{globale}$ entre les zones viticoles et les zones non viticoles, exprimées en points de pourcentage (p%) ;
- les ratios entre les valeurs de $FD_{globale}$ et les ratios entre les valeurs de $FQ_{globale}$ en zones viticoles et zones non viticoles.

La zone non viticole sert systématiquement de référence.

Ainsi, sur les 39 substances recherchées :

En termes de fréquence de détection ($FD_{globale}$) :

- **6 substances** (carbétamide, cyfluthrine, iprovalicarbe, oryzalin, thiaméthoxame, triadiménol) **n'ont jamais été détectées quelle que soit la zone** ;
- **2 substances** (cuivre et soufre) **sont systématiquement détectées** ($FD_{globale} = 100\%$) **quelle que soit la zone** ;
- **9 substances n'ont été détectées que sur les sites en zones viticoles** avec des fréquences de détection comprises entre 15,4 % et 0,2 % (par ordre décroissant de $FD_{globale}$: métrafénone, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, fenhexamide, mépanipiryme, quinoxifène, napropamide, cyperméthrine, myclobutanil). À l'exception de la métrafénone, ces substances ont une $FD_{globale}$ inférieure à 5 %. À l'exception du quinoxifène, ces substances ont des usages PPP autorisés ;
- **les 22 substances détectées quelle que soit la zone (autres que le cuivre et le soufre) ont une fréquence de détection sur les sites en zones viticoles systématiquement plus élevée qu'en zones non viticoles**, avec des différences de $FD_{globale}$ allant jusqu'à +24 p% selon les substances, les $FD_{globale}$ en zones viticoles étant jusqu'à 25 fois plus élevées qu'en zones non viticoles :
 - o **16 substances** ont une différence de $FD_{globale}$ supérieure à 5 p% (par ordre décroissant de $FD_{globale}$ en zones viticoles : glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium, pendiméthaline, fluopyram, cymoxanil, zoxamide, trifloxystriobine, spiroxamine, cyprodinil, propyzamide, tébuconazole, difénoconazole, cyazofamide, pyriméthanil, chlorpyrifos-méthyl) ;

- **6 substances** ont une différence de $FD_{globale}$ inférieure à 5 p% (par ordre décroissant de $FD_{globale}$ en zones viticoles : lambda-cyhalothrine, boscalid, métalaxyl-m, étofenprox, tau-fluvalinate, indoxacarbe).

En termes de fréquence de quantification ($FQ_{globale}$):

- **9 substances** (mépanipyrime, napropamide, myclobutanil, carbétamide, cyfluthrine, iprovalicarbe, oryzalin, thiaméthoxame, triadiménol) **n'ont jamais été quantifiées quelle que soit la zone** ;
- **1 substance** (cuivre) a **été systématiquement quantifiée** ($FQ_{globale} = 100\%$) **quelle que soit la zone** ;
- **21 substances** **n'ont été quantifiées que sur les sites en zones viticoles** avec des fréquences de quantification comprises entre 12,4 % et 0,2 %. À l'exception du chlorpyrifos-méthyl et du quinoxyfène, ces substances ont des usages PPP autorisés. Parmi les 21 substances :
 - 4 substances ont une $FQ_{globale}$ supérieure à 5 % (par ordre décroissant de $FQ_{globale}$: trifloxystrobine, zoxamide, cyprodinil, métrafénone) ;
 - 17 substances ont une $FQ_{globale}$ inférieure à 5 % (par ordre décroissant de $FQ_{globale}$: cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanil, lambda-cyhalothrine, propyzamide, tébuconazole, krésoxym-méthyl, boscalid, deltaméthrine, chlorpyrifos-méthyl, étofenprox, métalaxyl-m, fenhexamide, indoxacarbe, tau-fluvalinate, quinoxyfène, cyperméthrine).
- **Les 8 substances quantifiées quelle que soit la zone** (par ordre décroissant de $FQ_{globale}$ en zones viticoles : soufre, fosétyl-aluminium, folpel, glyphosate, pendiméthaline, cymoxanil, fluopyram, spiromamine) **ont une fréquence de quantification sur les sites en zones viticoles systématiquement plus élevée qu'en zones non viticoles**, avec des différences de $FQ_{globale}$ allant jusqu'à +28 p% selon les substances, les $FQ_{globale}$ en zones viticoles étant jusqu'à 31 fois plus élevées qu'en zones non viticoles.

En conclusion, en période de traitement, le nombre de substances détectées et quantifiées est plus élevé dans l'air ambiant en zones viticoles qu'en zones non viticoles (33 substances détectées versus 24 ; 30 substances quantifiées versus 9). Lorsqu'elles sont détectées/quantifiées quelle que soit la zone, les fréquences de détection et quantification sont systématiquement plus élevées en zones viticoles.

Tableau 19 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

		Période de traitement			
		Zones viticoles	Zones non viticoles	Comparaison entre zones viticoles et zones non viticoles	
Nom substance	N° CAS	FD _{globale} * (%)	FD _{globale} * (%)	Différence FD** (p%)	Ratio FD***
cuivre	7440-50-8	100	100	0	0
soufre	7704-34-9	100	100	0	0
glyphosate	1071-83-6	87,1	75,1	12	1,2
folpel	133-07-3	62,8	45,3	18	1,4
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	46,0	12	1,3
pendiméthaline	40487-42-1	48,9	40,6	8	1,2
fluopyram	658066-35-4	31,8	9,9	22	3
cymoxanil	57966-95-7	24,8	1,0	24	25
zoxamide	156052-68-5	23,6	1,6	22	15
trifloxystrobine	141517-21-7	21,6	1,0	21	22
spiroxamine	118134-30-8	20,6	3,1	18	7
cyprodinil	121552-61-2	16,6	4,2	12	4
propyzamide	23950-58-5	13,9	3,6	10	4
tébuconazole	107534-96-3	12,2	3,6	9	3
difénoconazole	119446-68-3	11,7	0,5	11	23
cyazofamide	120116-88-3	11,2	0,5	11	22
pyriméthanil	53112-28-0	9,9	0,5	9	20
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	6,2	0,5	6	12
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	4,5	1,0	4	5
boscalid	188425-85-6	4,0	1,0	3	4
métalaxyl-m	70630-17-0	3,7	0,5	3	7
étofenprox	80844-07-1	2,2	1,6	1	1,4
tau-fluvalinate	102851-06-9	2,2	0,5	2	4
indoxacarbe	173584-44-6	1,5	0,5	1	3
métrafénone	220899-03-6	15,4	0	15	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	4,7	0	5	
deltaméthrine	52918-63-5	3,2	0	3	
fenhexamide	126833-17-8	2,5	0	3	
mépanipyrime	110235-47-7	1,0	0	1	
quinoxifène	124495-18-7	0,7	0	1	
napropamide	15299-99-7	0,5	0	1	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	0	0,2	
myclobutanil	88671-89-0	0,2	0	0,2	
carbétamide	16118-49-3	0	0		
cyfluthrine	68359-37-5	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		

* FD_{globale} = fréquence de détection

**Différence FD (p%) = FD_{globale} (zones viticoles) - FD_{globale} (zones non viticoles)

*** Ratio FD = FD_{globale} (zones viticoles) / FD_{globale} (zones non viticoles)

Substance	FD _{globale} = 100 % quelle que soit la zone
Substance	FD _{globale} > 0 % quelle que soit la zone, Différence FD > 5 p%
Substance	FD _{globale} > 0 % quelle que soit la zone, Différence FD < 5 p%
Substance	FD _{globale} > 0 % en zones viticoles uniquement
Substance	FD _{globale} = 0 % quelle que soit la zone

Tableau 20 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement			
		Zones viticoles	Zones non viticoles	Comparaison entre zones viticoles et zones non viticoles	
		FQ _{globale} * (%)	FQ _{globale} * (%)	Différence FQ** (p%)	Ratio FQ***
cuivre	7440-50-8	100	100	0	1
soufre	7704-34-9	85,1	80,2	5	1
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	46,0	12	1
folpel	133-07-3	55,3	27,1	28	2
glyphosate	1071-83-6	36,0	15,9	20	2
pendiméthaline	40487-42-1	28,8	16,7	12	2
cymoxanil	57966-95-7	24,8	1,0	24	25
fluopyram	658066-35-4	15,4	0,5	15	31
spiroxamine	118134-30-8	12,4	0,5	12	25
trifloxystrobine	141517-21-7	12,4	0	12	
zoxamide	156052-68-5	10,2	0	10	
cyprodinil	121552-61-2	5,5	0	6	
métrafénone	220899-03-6	5,5	0	6	
cyazofamide	120116-88-3	4,2	0	4	
difénoconazole	119446-68-3	3,7	0	4	
pyriméthanil	53112-28-0	2,7	0	3	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,5	0	3	
propyzamide	23950-58-5	2,2	0	2	
tébuconazole	107534-96-3	2,2	0	2	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	1,7	0	2	
boscalid	188425-85-6	1,5	0	2	
deltaméthrine	52918-63-5	1,5	0	2	
chlorypyrifos-méthyl	5598-13-0	1,2	0	1	
étofenprox	80844-07-1	1,0	0	1	
métalaxyl-m	70630-17-0	0,7	0	1	
fenhexamide	126833-17-8	0,7	0	1	
indoxacarbe	173584-44-6	0,7	0	1	
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,5	0	1	
quinoxifène	124495-18-7	0,2	0	0	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	0	0	
mépanipyrime	110235-47-7	0	0		
napropamide	15299-99-7	0	0		
myclobutanil	88671-89-0	0	0		
carbétamide	16118-49-3	0	0		
cyfluthrine	68359-37-5	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		

* FQ_{globale} = fréquence de quantification

**Différence FQ (p%) = FQ_{globale} (zones viticoles) - FQ_{globale} (zones non viticoles)

*** Ratio FQ = FQ_{globale} (zones viticoles) / FQ_{globale} (zones non viticoles)

Substance	FQ _{globale} = 100 % quelle que soit la zone
Substance	FQ _{globale} > 0 % quelle que soit la zone, Différence FQ > 5 p%
Substance	FQ _{globale} > 0 % en zones viticoles uniquement
Substance	FQ _{globale} = 0 % quelle que soit la zone

Les Figure 83 et Figure 84 illustrent la comparaison des fréquences de détection et de quantification en zones viticoles et non viticoles.

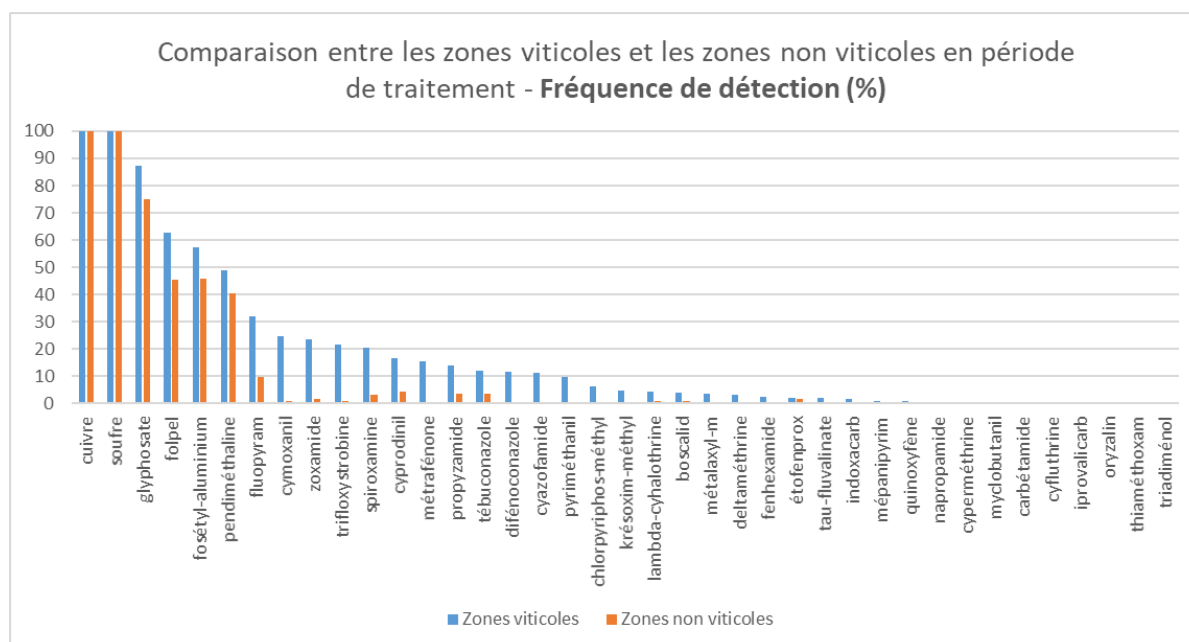


Figure 83 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

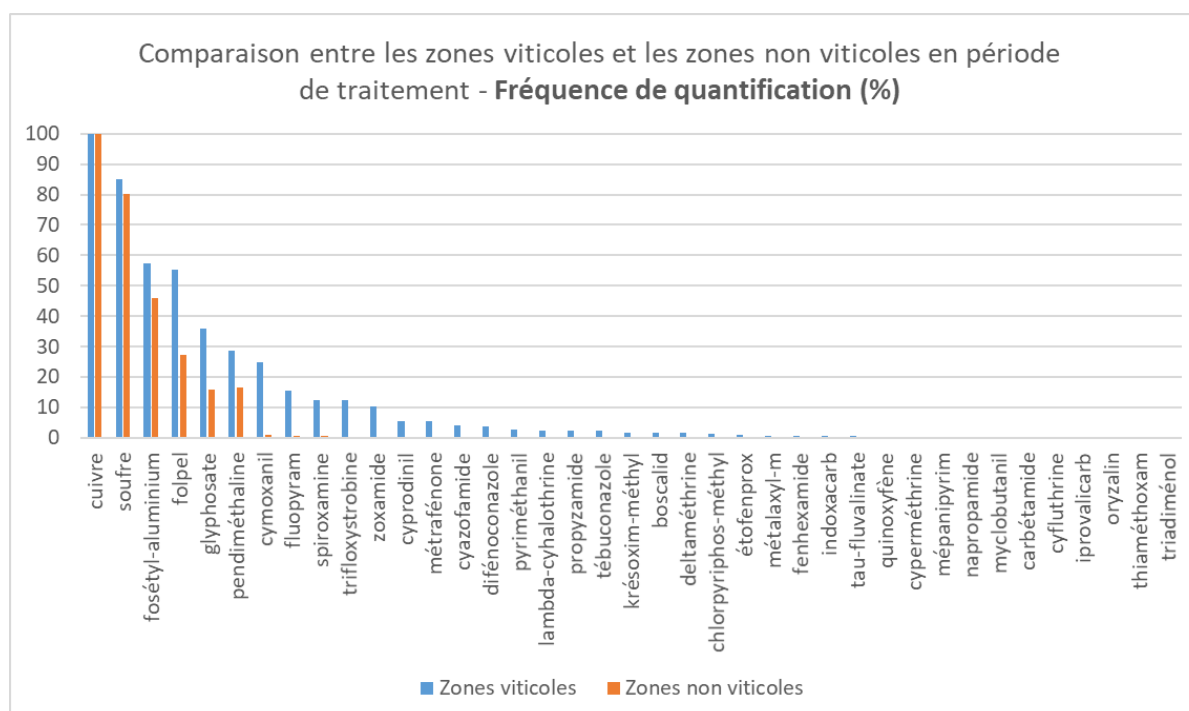


Figure 84 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole (bleu) ou non viticole (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

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

Les Tableau 21 à Tableau 23 comparent les médianes (P50), les 95^{ème} centiles (P95) et les concentrations maximales (C_{max}) des substances dans l'air ambiant 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.

La zone non viticole sert systématiquement de référence.

Comparaison des médianes (P50)

2 substances (folpel, fosétyl-aluminium) présentent des **médianes (P50) plus élevées en période de traitement en zones viticoles qu'en zones non viticoles**, avec des niveaux 4 à 13 fois plus élevés en zones viticoles.

3 substances (cuivre, soufre, glyphosate) présentent des **médianes (P50) du même ordre de grandeur en période de traitement en zones viticoles qu'en zones non viticoles** (ratio P50 compris entre 1,1 et 1,4).

Pour les 34 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P50 (P50 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des 95^{ème} centile (P95)

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

- pour 4 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en période de traitement à la fois en zones viticoles et en zones non viticoles (folpel, fosétyl-aluminium, pendiméthaline, fluopyrame), la différence de P95 varie entre +0,13 et +8,6 ng/m³, correspondant à des niveaux 1,9 à 12 fois plus élevés en zones viticoles ;
- pour 5 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en période de traitement uniquement en zones viticoles (cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine, cyperméthrine, métrafénone), les différences de P95 varient au minimum de +0,10 à +1,1 ng/m³, correspondant à des niveaux au moins 3 à 22 fois plus élevés en zones viticoles.

10 substances (cuivre, soufre, glyphosate, cyprodinil, propyzamide, tébuconazole, difénoconazole, cyazofamide, pyrimétanil, chlorpyrifos-méthyl) présentent des **P95 du même ordre de grandeur période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles**.

Pour les 20 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 (P95 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des concentrations maximales ($C_{\max}$)

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

- pour 21 substances détectées en période de traitement à la fois en zones viticoles et en zones non viticoles, les différences de $C_{\max}$ varient de +0,20 à +199 ng/m³, correspondant à des niveaux 2,4 à 73 fois plus élevés en zones viticoles ;
- pour 5 substances détectées en période de traitement uniquement en zones viticoles (métrafénone, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, fenhexamide, cyperméthrine), les différences de $C_{\max}$ varient au minimum de +0,24 à +10,1 g/m³, correspondant à des niveaux au moins 3,8 à 187 fois plus élevés en zones viticoles.

7 substances (soufre, glyphosate, propyzamide, mépanipyrime, quinoxifène, napropamide, myclobutanil) présentent des $C_{\max}$ **du même ordre de grandeur période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles**.

Pour les 6 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les $C_{\max}$ ($C_{\max} < LD$ quelle que soit la zone).

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

- **plus élevés en zones viticoles qu'en zones non viticoles pour 10 substances** (folpel, fosétyl-aluminium, pendiméthaline, fluopyrame, cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine, cyperméthrine, métrafénone) ;
- **du même ordre de grandeur quelle que soit la zone pour 10 substances** (cuivre, soufre, glyphosate, cyprodinil, propyzamide, tébuconazole, difénoconazole, cyazofamide, pyrimétanil, chlorpyrifos-méthyl).

Pour les 20 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 ($P95 < LD$ quelle que soit la zone).

Tableau 21 : Comparaison des médianes des concentrations (P50 en ng/m³) dans l'air ambiant en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole (substances avec FD ≥ 50 % en zones viticoles et/ou en zones non viticoles). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Période de traitement			
		Zones viticoles	Zones non viticoles	Comparaison entre zones viticoles et zones non viticoles	
		P50* (ng/m ³)	P50* (ng/m ³)	Différence** P50 (ng/m ³)	Ratio*** P50
cuivre	7440-50-8	3,30	2,85	0,45	1,2
soufre	7704-34-9	444	421	23	1,1
glyphosate	1071-83-6	0,03	0,02	0,01	1,4
folpel	133-07-3	0,26	< LD (0,06)	≥ 0,20	≥ 4,2
fosétyl-aluminium	15845-66-6	0,05	< LD (0,004)	≥ 0,05	≥ 13,0

*P50 = médiane

** Différence P50 = P50 (zones viticoles) – P50 (zones non viticoles)

*** Ratio P50 = P50 (zones viticoles) / P50 (zones non viticoles)

Tableau 22 : Comparaison des 95^{ème} centiles des concentrations (P95 en ng/m³) dans l'air ambiant 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	Zones non viticoles	Comparaison entre zones viticoles et zones non viticoles	
		P95* (ng/m ³)	P95* (ng/m ³)	Différence** P95 (ng/m ³)	Ratio*** P95
cuivre	7440-50-8	7,21	7,21	0	1,0
soufre	7704-34-9	833	834	-1,16	1,0
glyphosate	1071-83-6	0,11	0,06	0,05	1,9
folpel	133-07-3	9,39	0,81	8,59	11,7
fosétyl-aluminium	15845-66-6	4,48	0,51	3,97	8,7
pendiméthaline	40487-42-1	0,27	0,14	0,13	1,9
fluopyrame	658066-35-4	0,48	0,07	0,41	7,0
cymoxanil	57966-95-7	1,14	< LD (0,05)	≥ 1,09	≥ 21,8
zoxamide	156052-68-5	0,31	< LD (0,05)	≥ 0,26	≥ 6,0
trifloxystrobine	141517-21-7	0,24	< LD (0,04)	≥ 0,20	≥ 5,8
spiroxamine	118134-30-8	0,56	< LD (0,05)	≥ 0,51	≥ 10,6
cyprodinil	121552-61-2	0,06	< LD (0,02)	≥ 0,04	≥ 3,1
propyzamide	23950-58-5	0,04	< LD (0,02)	≥ 0,02	≥ 2,1
tébuconazole	107534-96-3	0,08	< LD (0,05)	≥ 0,02	≥ 1,5
difénoconazole	119446-68-3	0,10	< LD (0,05)	≥ 0,05	≥ 1,9
cyazofamide	120116-88-3	0,12	< LD (0,05)	≥ 0,07	≥ 2,3
pyriméthanil	53112-28-0	0,04	< LD (0,02)	≥ 0,01	≥ 1,7
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,05	< LD (0,04)	≥ 0,005	≥ 1,1
métrafénone	220899-03-6	0,15	< LD (0,05)	≥ 0,10	≥ 2,9

*P95 = 95^{ème} centile

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

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

Tableau 23 : Comparaison des concentrations maximales ($C_{\max}$ en ng/m^3) dans l'air ambiant 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	Zones non viticoles	Comparaison entre zones viticoles et zones non viticoles	
		$C_{\max}^*$ (ng/m^3)	$C_{\max}^*$ (ng/m^3)	Différence** $C_{\max}$ (ng/m^3)	Ratio*** $C_{\max}$
cuivre	7440-50-8	42,8	18,0	24,7	2,4
soufre	7704-34-9	966,5	966,9	-0,41	1,0
glyphosate	1071-83-6	0,3	0,4	-0,15	0,7
folpel	133-07-3	101,4	6,3	95	16,2
fosétyl-aluminium	15845-66-6	202,4	2,9	199	69,4
pendiméthaline	40487-42-1	0,9	0,3	0,59	3,0
fluopyrame	658066-35-4	1,9	0,2	1,70	9,9
cymoxanil	57966-95-7	21,6	0,3	21,3	71,0
zoxamide	156052-68-5	6,6	0,1	6,50	68,7
trifloxystrobine	141517-21-7	1,2	0,1	1,14	12,2
spiroxamine	118134-30-8	6,6	0,2	6,39	29,5
cyprodinil	121552-61-2	3,1	0,04	3,07	72,5
propyzamide	23950-58-5	0,1	0,04	0,08	3,1
tébuconazole	107534-96-3	0,5	0,1	0,44	5,3
difénoconazole	119446-68-3	4,4	0,1	4,25	34,1
cyazofamide	120116-88-3	0,9	0,1	0,82	8,1
pyriméthanil	53112-28-0	1,0	0,02	0,94	39,5
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	1,0	0,04	0,98	23,4
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,5	0,03	0,51	17,8
boscalid	188425-85-6	0,3	0,1	0,22	2,7
métalaxyl	70630-17-0	0,3	0,1	0,20	4,6
étofenprox	80844-07-1	0,5	0,05	0,41	9,7
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,2	0,1	1,09	13,2
indoxacarbe	173584-44-6	1,3	0,1	1,13	9,6
métrafénone	220899-03-6	10,2	< LD (0,05)	≥ 10,1	≥ 187
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,3	< LD (0,02)	≥ 0,25	≥ 13
deltaméthrine	52918-63-5	0,5	< LD (0,04)	≥ 0,48	≥ 12
fenhexamide	126833-17-8	0,5	< LD (0,05)	≥ 0,48	≥ 10
mépanipyrime	110235-47-7	0,1	< LD (0,05)	≥ 0,05	≥ 1,9
quinoxylène	124495-18-7	0,1	< LD (0,01)	≥ 0,04	≥ 5,0
napropamide	15299-99-7	0,1	< LD (0,02)	≥ 0,03	≥ 2,5
cyperméthrine	52315-07-8	0,3	< LD (0,09)	≥ 0,24	≥ 3,8
myclobutanil	88671-89-0	0,045	< LD (0,04)	≥ 0,005	≥ 1,04

5.1.3 Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus

Les Figure 85 à Figure 93 comparent les distributions des concentrations des 9 substances quantifiées en période de traitement à la fois sur les sites en zones viticoles et les sites en zones non viticoles :

- pour le cuivre et le soufre, les **distributions sont similaires** quelle que soit la zone d'étude ;
- pour le fosétyl-aluminium et le folpel, les **différences de distributions sont particulièrement marquées** entre les sites en zones viticoles et ceux en zones non viticoles, avec des niveaux de contamination plus importants en zones viticoles ;
- pour le cymoxanil, le fluopyrame et la spiroxamine, les **différences de distributions sont particulièrement marquées** entre les sites en zones viticoles et ceux en zones non viticoles, la quantification étant très faible en zones non viticoles ;
- pour la pendiméthaline et le glyphosate, les **différences de distributions sont plus modérées** entre les sites en zones viticoles et ceux en zones non viticoles, avec globalement des niveaux de contamination légèrement plus élevés en zones viticoles.

L'Annexe 52 compare les distributions des concentrations des autres substances.

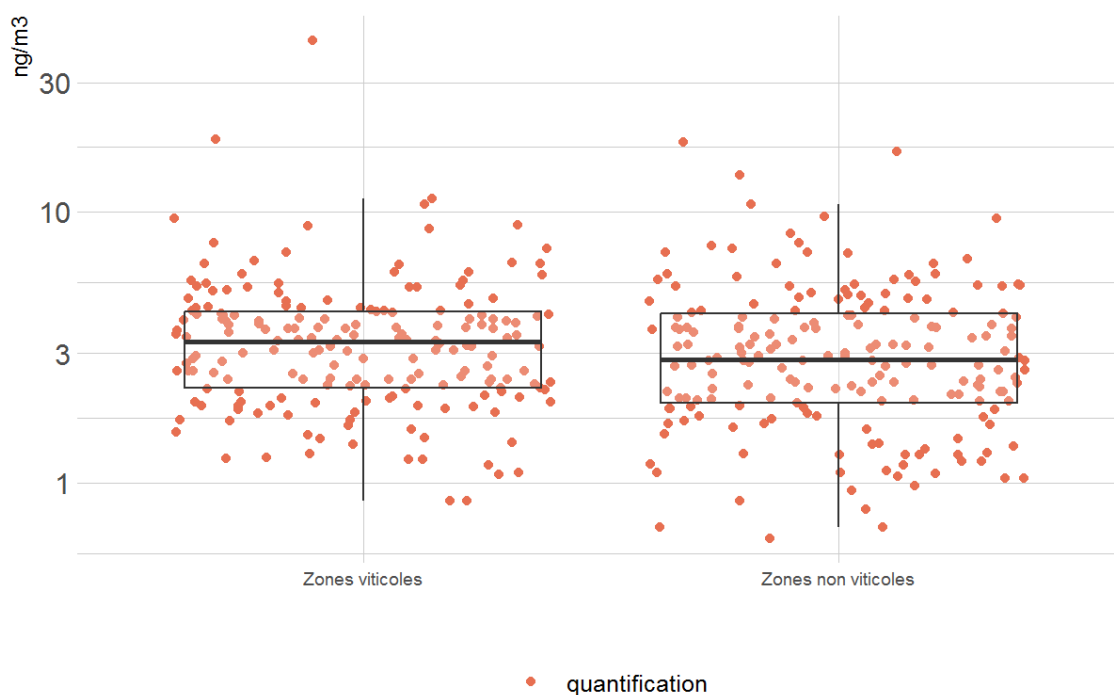


Figure 85 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en cuivre en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

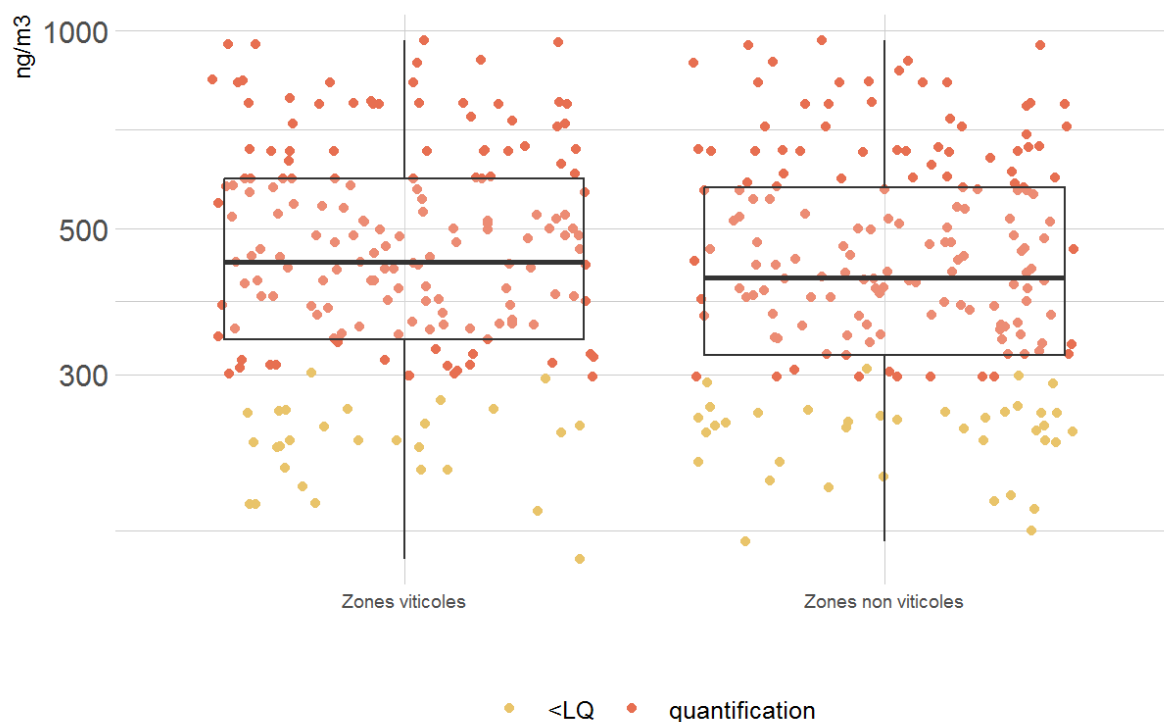


Figure 86 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en soufre en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

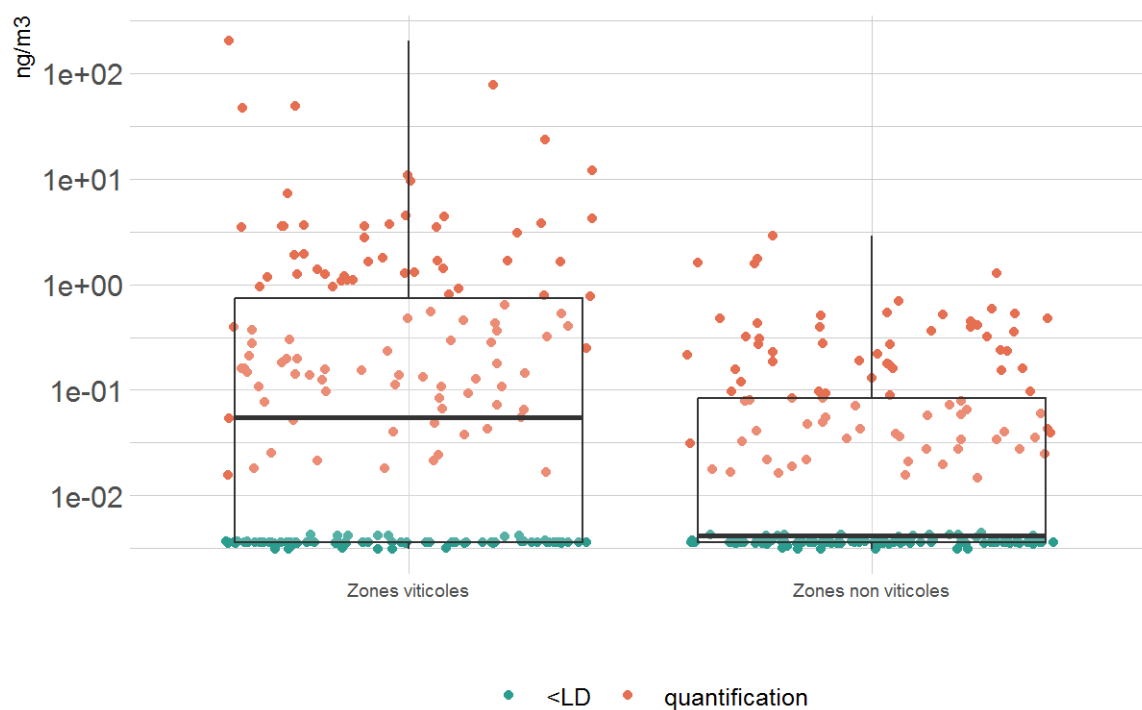


Figure 87 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en fosétyl-aluminium en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

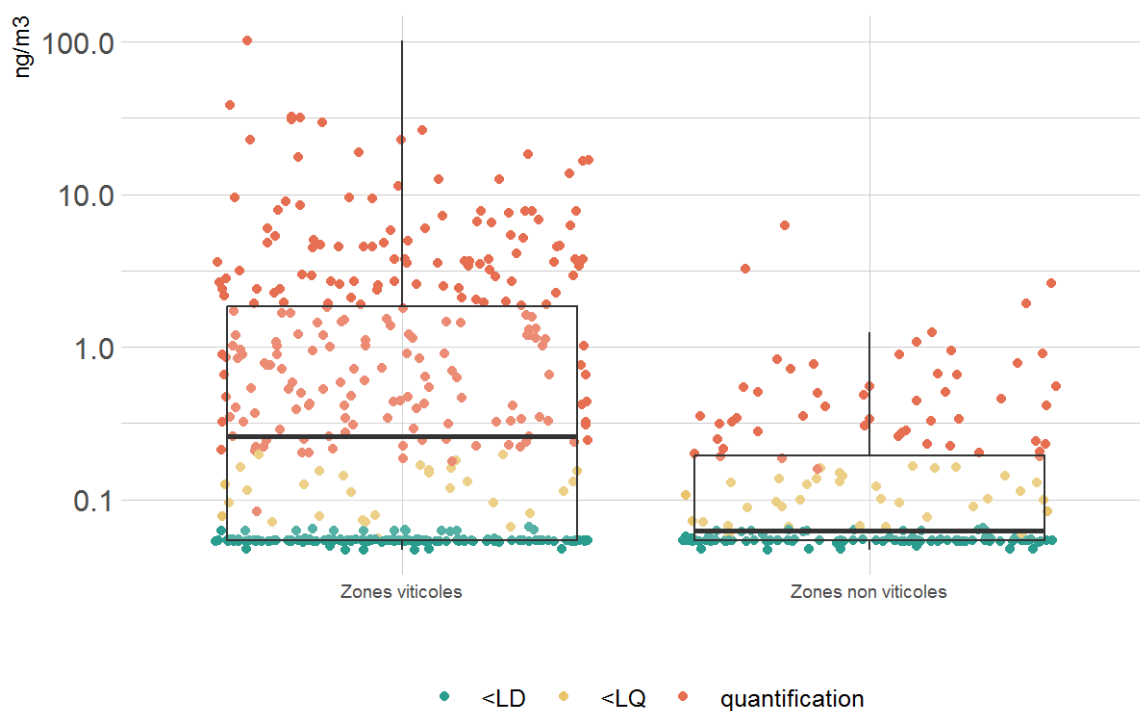


Figure 88 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en folpel en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

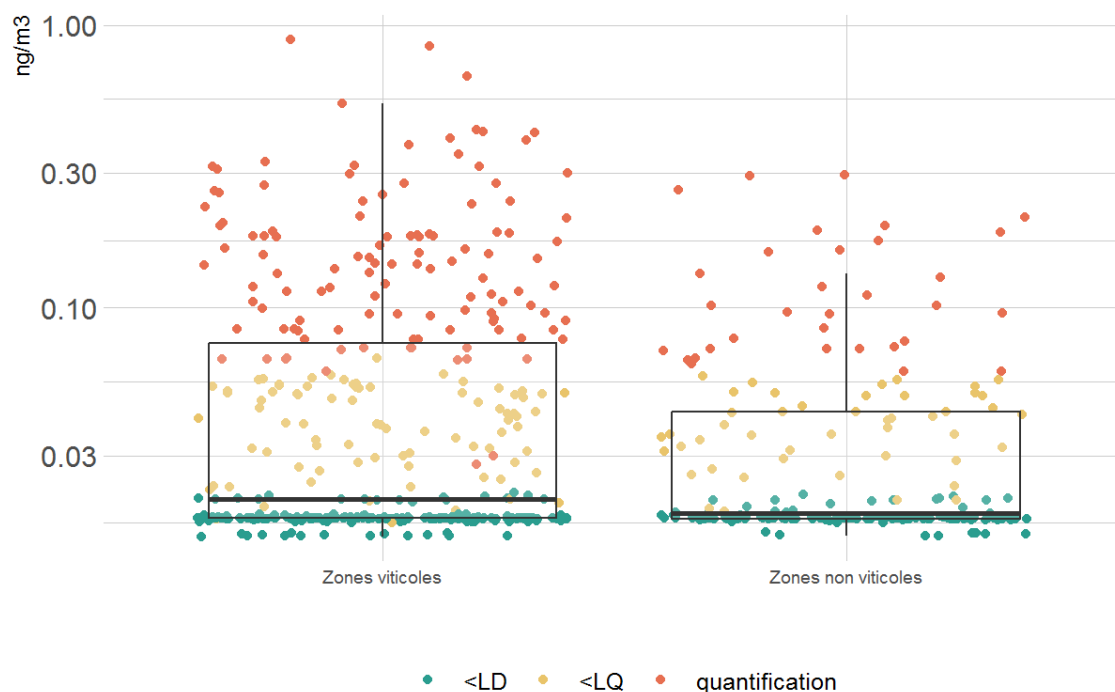


Figure 89 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en pendiméthaline en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 90 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en glyphosate en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

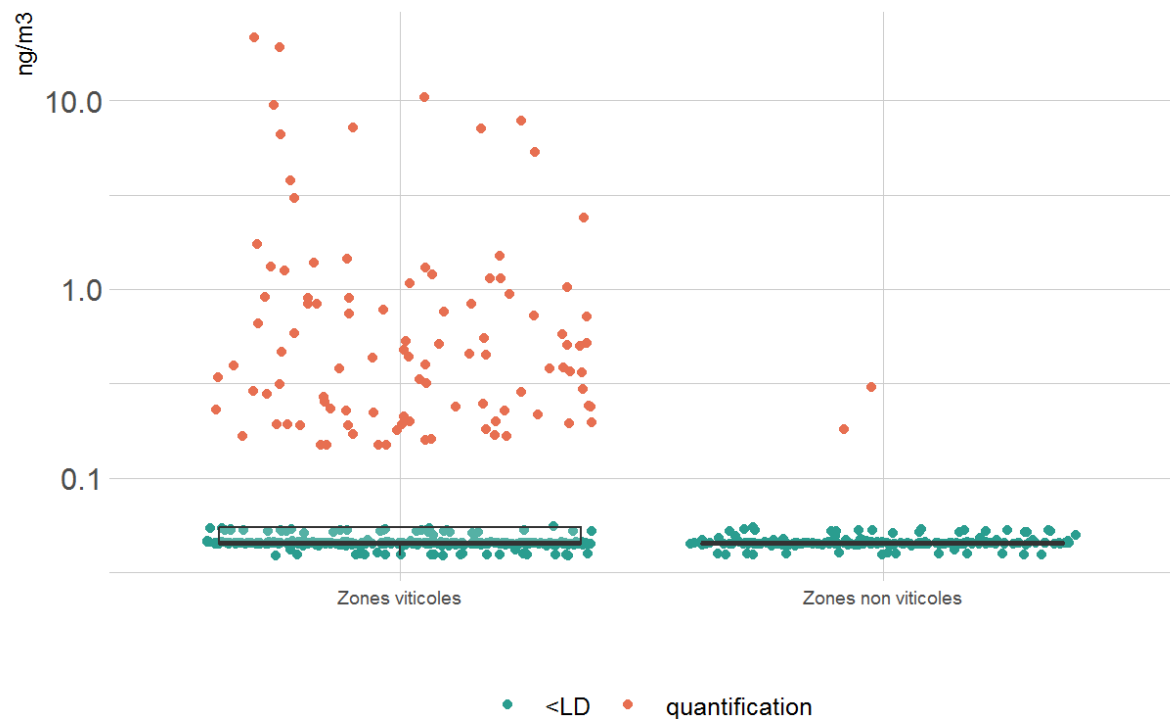


Figure 91 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en cymoxanil en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

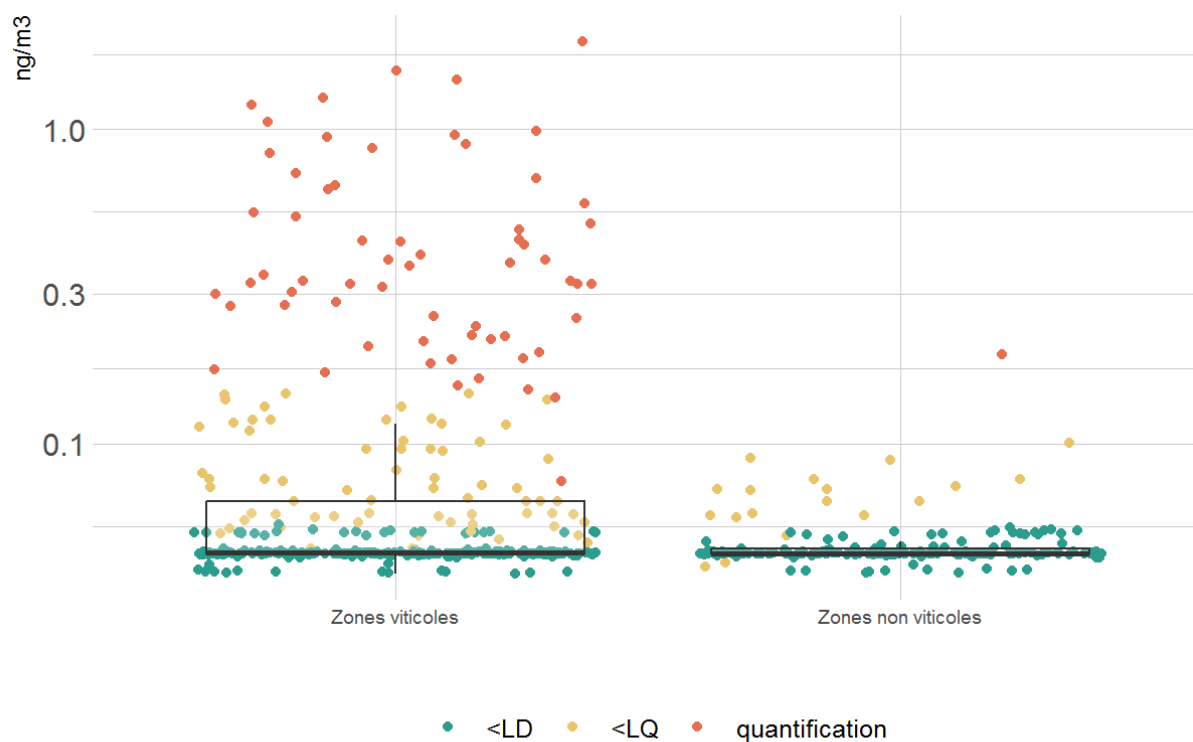


Figure 92 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en fluopyrame en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

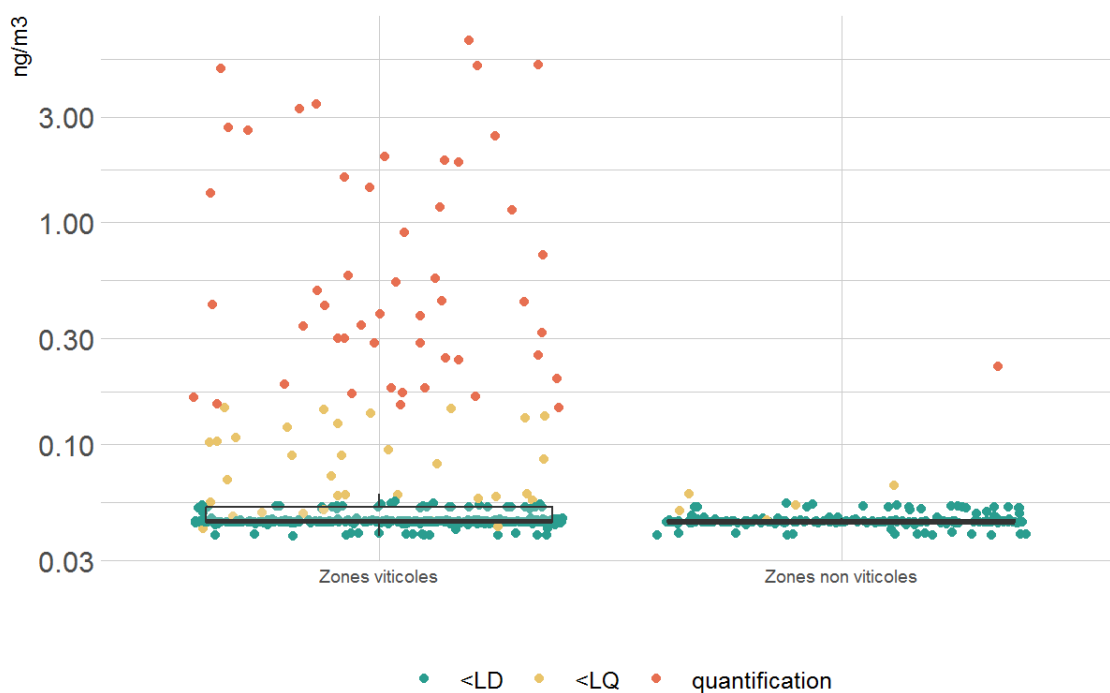


Figure 93 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en spiroxamine en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

5.1.4 Comparaison des distributions temporelles tous sites confondus

Les Figure 94 à Figure 100 comparent les distributions temporelles des concentrations des 9 substances quantifiées en période de traitement à la fois sur les sites en zones viticoles et les sites en zones non viticoles :

- pour le cuivre, la distribution temporelle des concentrations est globalement similaire quelle que soit la zone d'étude, avec toutefois des niveaux de contamination qui semblent plus élevés en zones viticoles en juin et juillet, à cause principalement de concentrations ponctuelles particulièrement élevées sur le site d'Armissan ;
- pour le soufre, la distribution temporelle des concentrations est similaire quelle que soit la zone d'étude, avec les mêmes fluctuations dans le temps ;
- pour le fosétyl-aluminium et le folpel, les niveaux de concentrations sont plus élevés en zones viticoles qu'en zones non viticoles (sur toute la période de mesures) ;
- pour le cymoxanil, le fluopyrame et la spiromamine, la différence de distribution temporelle des concentrations est marquée entre les sites en zones viticoles et ceux en zones non viticoles, la quantification étant très faible en zones non viticoles ;
- pour la pendiméthaline et le glyphosate, les différences de niveaux de concentrations entre les sites en zones viticoles et ceux en zones non viticoles sont plus importantes en début de période de traitement, avec toutefois des différences de niveaux modérées.

L'Annexe 53 compare les distributions temporelles des concentrations des autres substances.

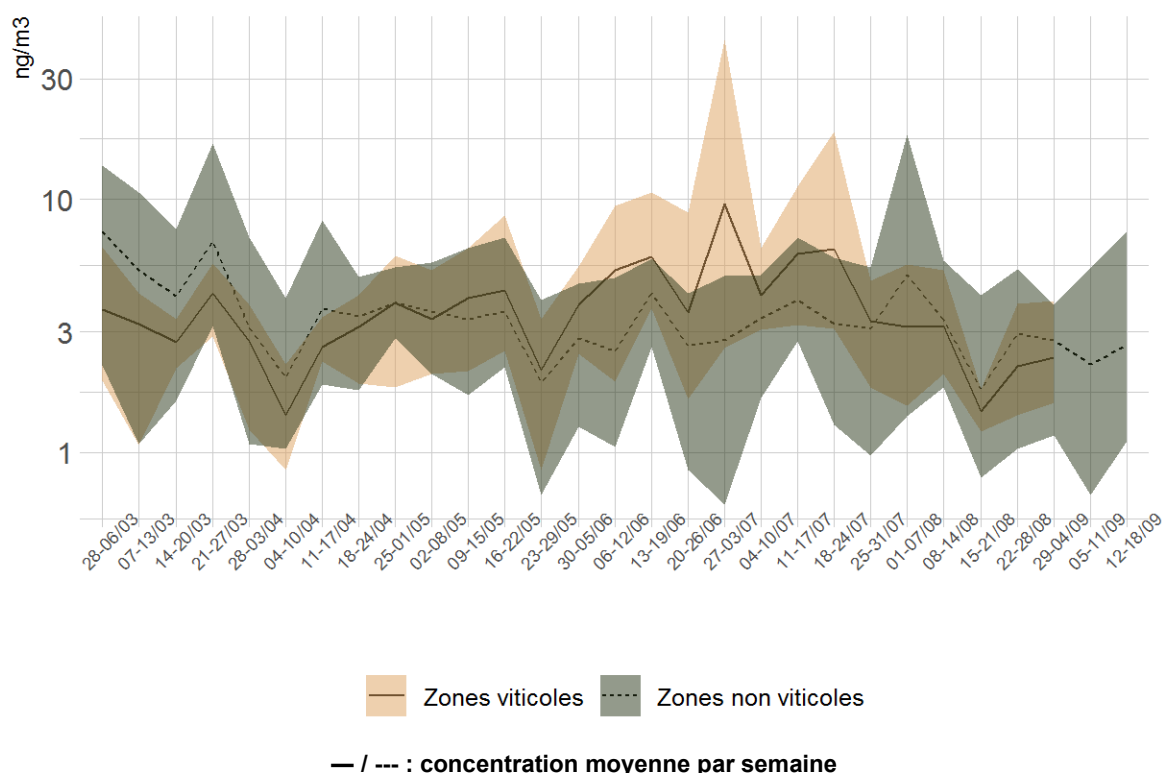


Figure 94 : Comparaison des distributions temporelles du cuivre dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

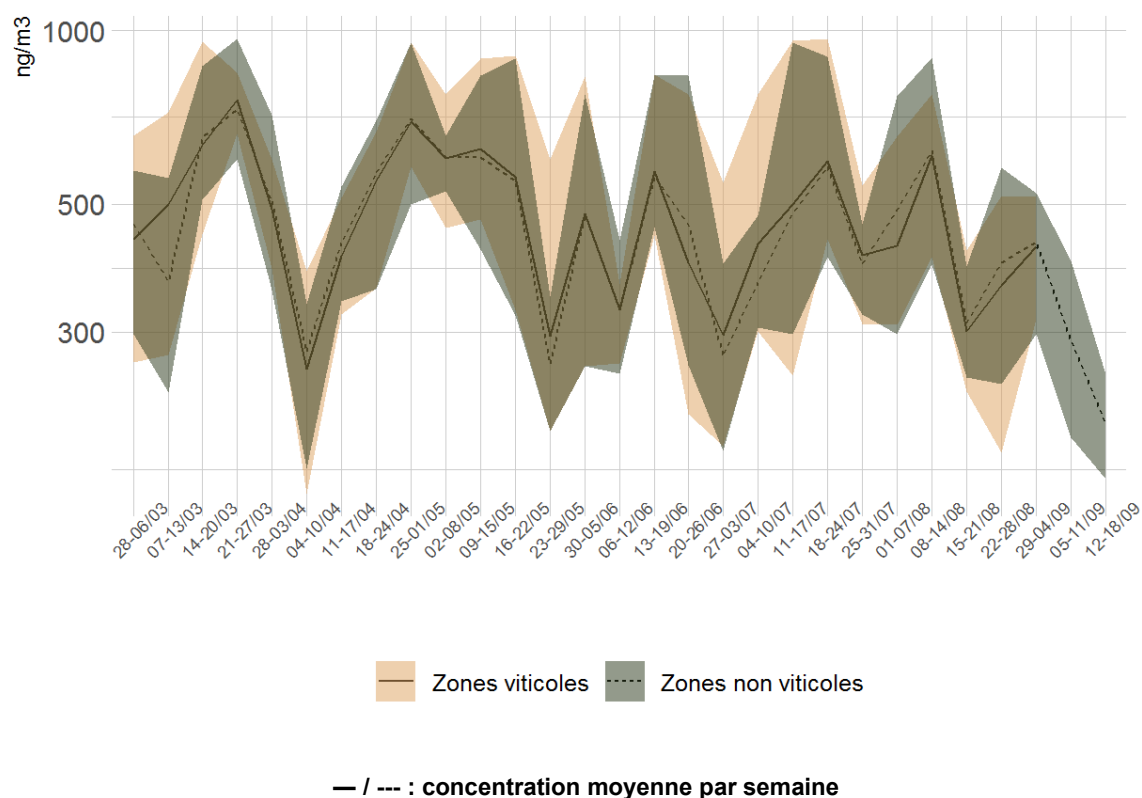


Figure 95 : Comparaison des distributions temporelles du soufre dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

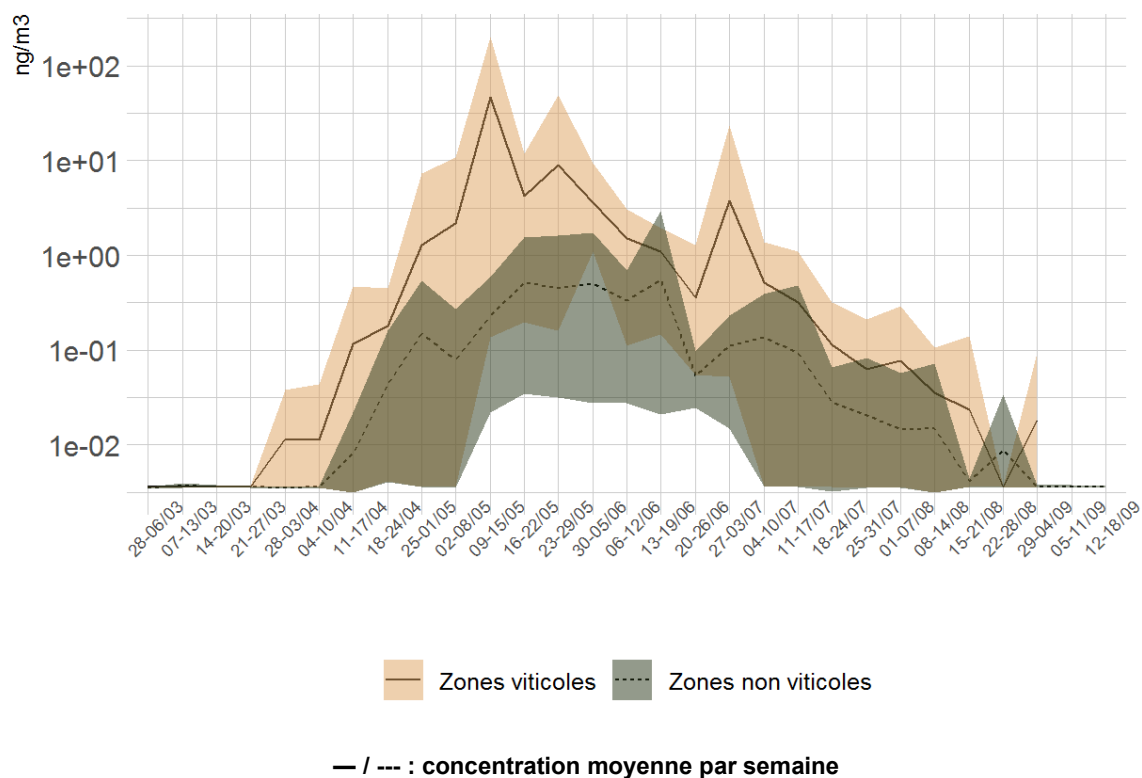


Figure 96 : Comparaison des distributions temporelles du fosétyl-aluminium dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

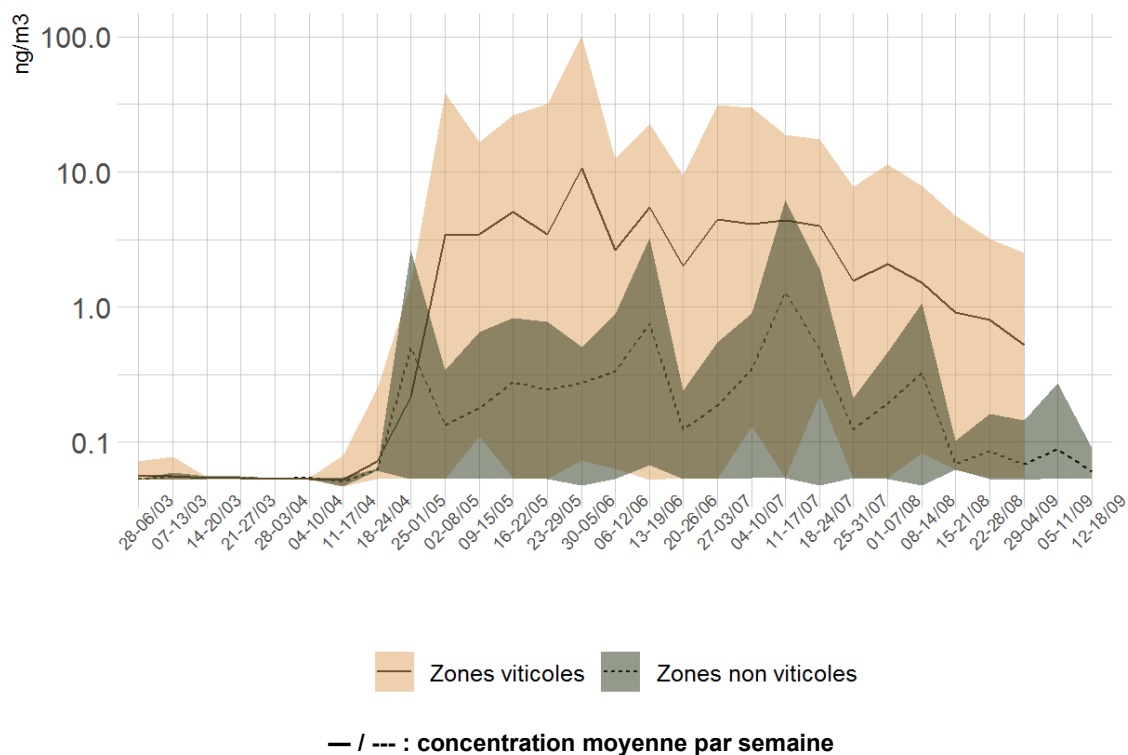


Figure 97 : Comparaison des distributions temporelles du folpet dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

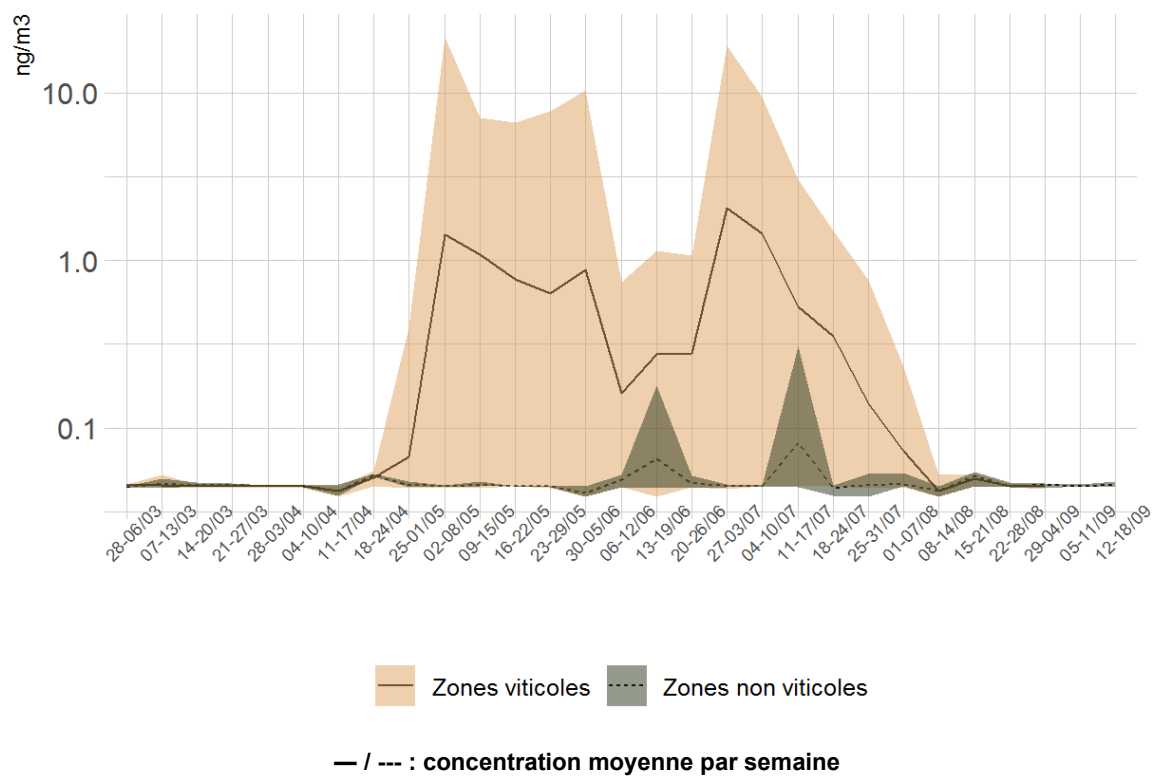


Figure 98 : Comparaison des distributions temporelles du cymoxanil dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

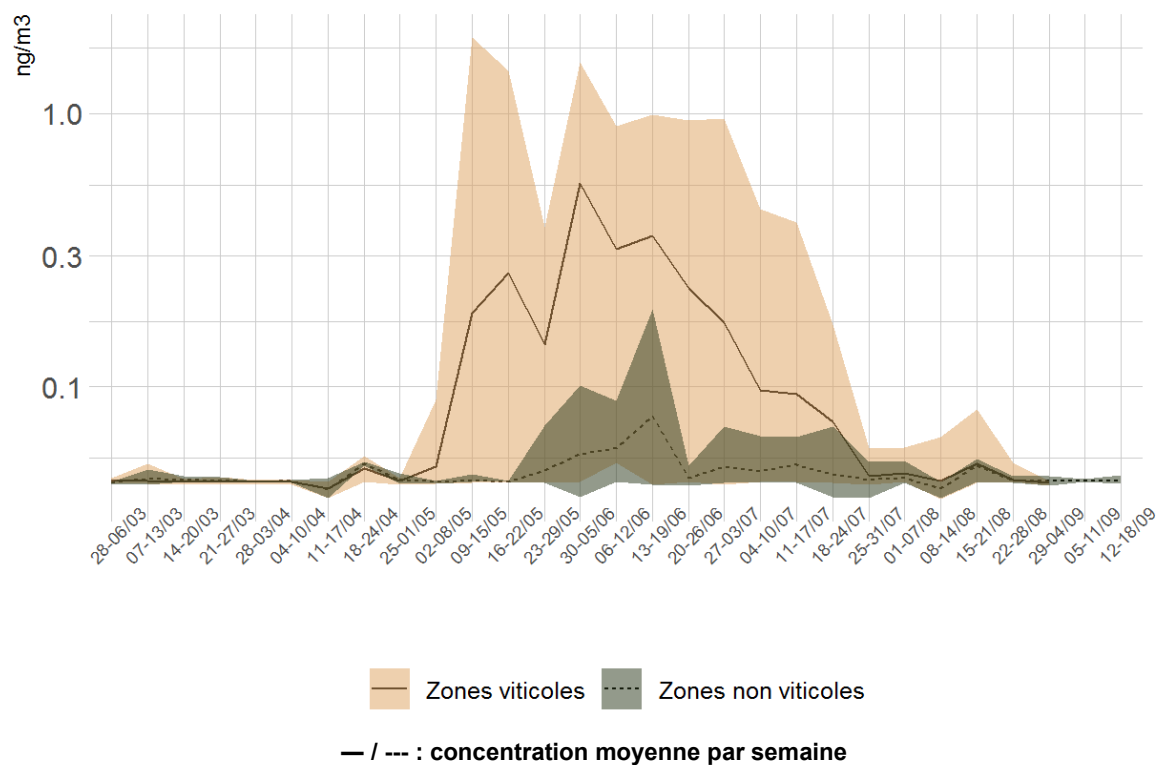


Figure 99 : Comparaison des distributions temporelles du fluopyrame dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

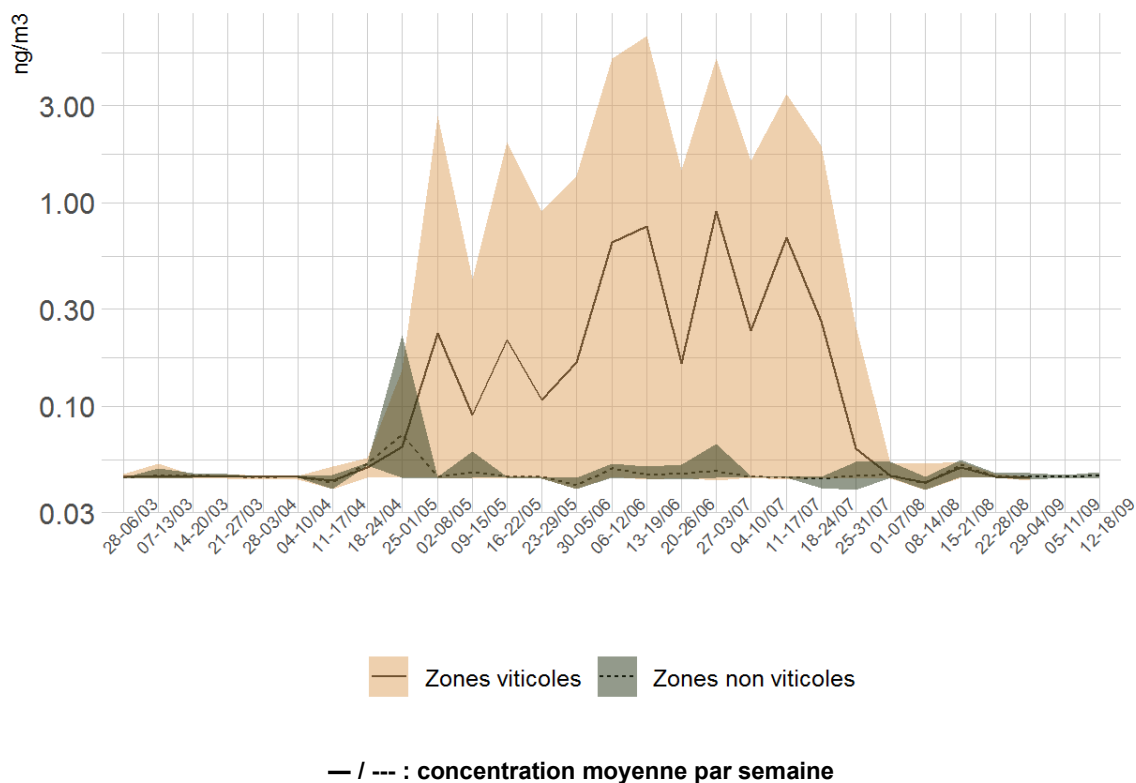


Figure 100 : Comparaison des distributions temporelles de la spiroxamine dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

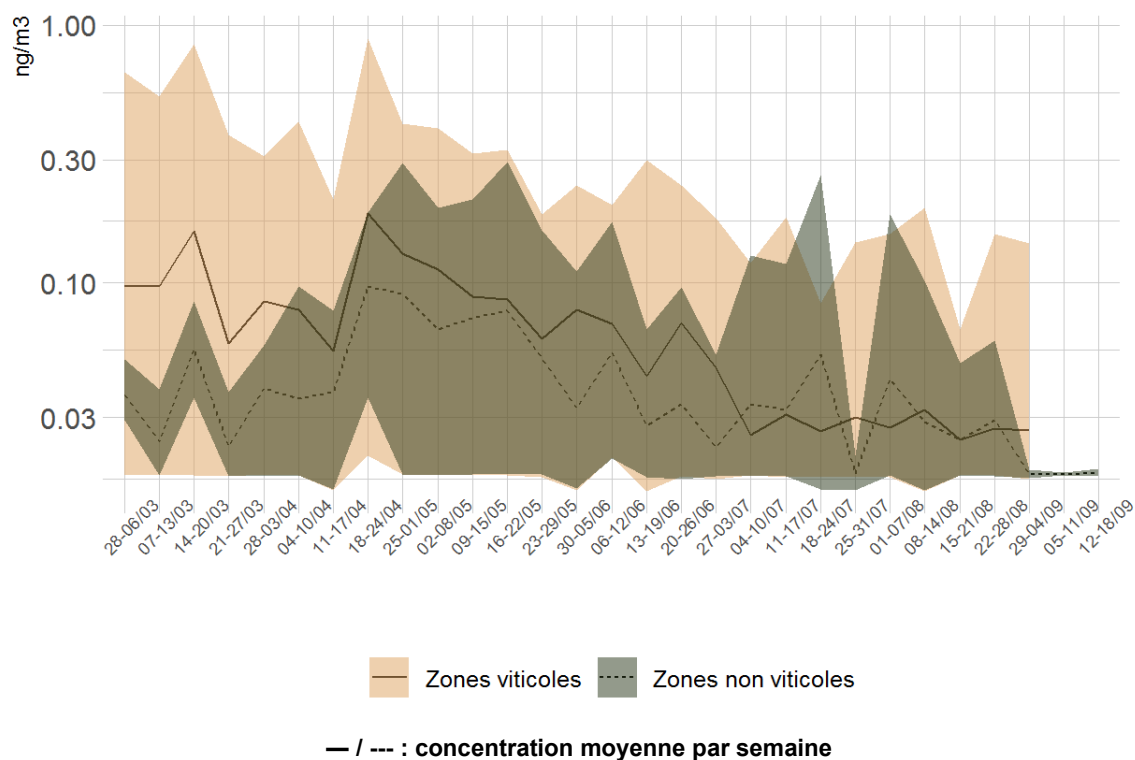


Figure 101 : Comparaison des distributions temporelles de la pendiméthaline dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

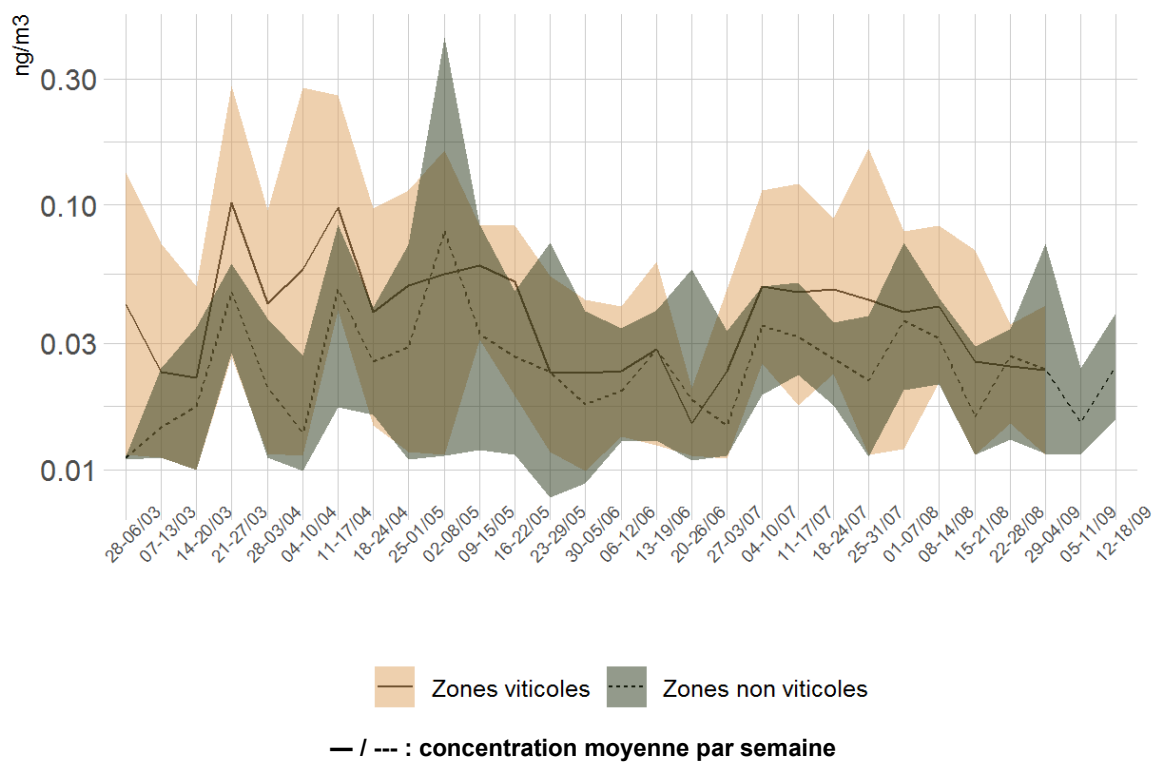


Figure 102 : Comparaison des distributions temporelles du glyphosate dans l'air ambiant (ng/m³) en période de traitement selon la zone : viticole ou non viticole. PestiRiv, France, 2021-2022.

5.1.5 Synthèse : caractérisation de l'effet de la zone viticole

L'effet de la zone viticole sur la contamination de l'air ambiant en période de traitement a été caractérisé à partir des analyses descriptives en tenant compte des 4 paramètres suivants :

- différence FQ (exprimée en points de pourcentages p%) = $FQ_{\text{globale}}(\text{zones viticoles}) - FQ_{\text{globale}}(\text{zones non viticoles})$;
- ratio P95 = $P95(\text{zones viticoles}) / P95(\text{zones non viticoles})$;
- $FQ_{\text{globale}}(\text{zones non viticoles})$;
- 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). À noter que l'utilisation du P95 est possible pour quelques substances seulement. Dans ces cas, 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 24. Les seuils proposés permettent de discriminer les substances et de définir plusieurs grandes catégories.

L'analyse est réalisée uniquement pour les 29 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement en zones viticoles ou en zones non viticoles. Le Tableau 25 synthétise tous les résultats.

Tableau 24 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant 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 $\leq 0,1$
	Modéré	$5 \leq \text{Ratio P95} < 10$ OU $0,1 < \text{Ratio P95} \leq 0,2$
	Faible	$1 < \text{Ratio P95} < 5$ OU $0,2 < \text{Ratio P95} < 1$
	Très faible	Ratio P95 non estimable

Légende :

Ratio P95 = $P95(\text{zones viticoles}) / P95(\text{zones non viticoles})$

Différence FQ (p%) = $FQ_{\text{globale}}(\text{zones viticoles}) - FQ_{\text{globale}}(\text{zones non viticoles})$

En conclusion, d'après les analyses descriptives des 29 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement quelle que soit la zone, **la zone viticole** :

✓ **Présente des fréquences de quantifications plus élevées pour 24 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (14 substances), avec un effet de la zone viticole :**

- **très probable** et :
 - **fort** pour 3 substances : folpel, cymoxanil et spiromaxime ;
 - **modéré** pour 4 substances : fosétyl-aluminium, fluopyrame, trifloxystrobine et zoxamide ;
- **probable** et :
 - **faible** pour 7 substances : cyprodinil, métrafénone, cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanil, propyzamide et tébuconazole ;
 - **très faible** pour 10 substances : lambda-cyhalothrine, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, boscalid, étofenprox, métalaxyl, indoxacarbe, fenhexamide, tau-fluvalinate et cyperméthrine.

✓ **N'a pas d'effet démontré pour 5 substances**, en lien avec une contamination de fond (cuivre, soufre) ou une contamination probablement expliquée/induite par une source autre que la vigne (glyphosate, pendiméthaline, chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène).

Tableau 25 : Effet de la zone viticole sur la contamination de l'air ambiant en période de traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

			Critères				Nombre de substances concernées	Liste substances
			Force de l'effet de la zone viticole	Différence FQ** (p%)	FQ _{globale} ** (zones non viticoles) (%)	Ratio P95***		
Plausibilité de l'effet de la zone viticole	Effet d'augmentation des concentrations	Très probable*	Fort	≥ 10	/	10 ≤ Ratio P95	3	folpel
								cymoxanil****
								spiroxamine
			Modéré	≥ 10	/	5 ≤ Ratio P95 < 10	4	fosétyl-aluminium
								fluopyrame
								trifloxystrobine
								zoxamide
		Probable	Faible	< 10	0	1 < Ratio P95 < 5	7	cyprodinil
								métrafénone
								cyazofamide
								difénoconazole
								pyriméthanil
								propyzamide
								tébuconazole
			Très faible	< 10	0	Non estimable	10	lambda-cyhalothrine
								krésoxim-méthyl
								deltaméthrine
								boscalid

		Force de l'effet de la zone viticole	Critères			Nombre de substances concernées	Liste substances
			Différence FQ** (p%)	Ratio P95***	FQ _{globale} ** (zones non viticoles)		
Plausibilité de l'effet de la zone viticole	Non démontré		Contamination de fond de l'air (Quelle que soit la zone : FQ _{globale} > 80 % et distribution similaire)			2	cuivre
							soufre
			Sources de contamination autres que la vigne			4	glyphosate
							pendiméthaline
							chlorpyrifos-méthyl
							quinoxifène

Légende :

*Pertinence des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour expliquer la contamination en zones viticoles

** FQ_{globale} = fréquence de quantification globale ; Différence FQ (p%) = FQ_{globale} (zones viticoles) - FQ_{globale} (zones non viticoles)

*** P95 = 95^{ème} entile des concentrations ; Ratio P95 = P95 (zones viticoles) / P95 (zones non viticoles)

**** cymoxanil : valeurs des P95 à considérer avec prudence

Substance : pas d'usages PPP autorisés

5.2 Modèle de régression bayésienne

Pour essayer d'aller plus loin, un modèle de régression bayésienne a ensuite été testé pour comparer les niveaux de contamination de l'air ambiant en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles.

Bilan des substances avec FQ > 40 %

En considérant les deux populations réunies (échantillons en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles), les 4 substances avec une fréquence de quantification supérieure à 40 % (cuivre [100 %], soufre [85,1 %], fosétyl-aluminium [57,5 %] et folpel [55,3 %]) sont testées dans les modèles.

Modèle de régression bayésienne et sélection des variables

Le modèle de régression bayésienne est réalisé avec :

- la concentration des substances dans l'air ambiant comme variable dépendante ;
- les variables permettant de caractériser plus finement l'environnement viticole, introduites dans le modèle comme variables explicatives d'intérêt :
 - o la zone viticole ou non viticole ;
 - o la distance à la première parcelle viticole ;
 - o les indicateurs spatialisés de niveau 1 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m ;
 - o la zone viticole ou non viticole, en interaction avec les indicateurs spatialisés de niveaux 2 et 3 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m.
- le bassin viticole et la densité de population des sites, comme variables d'ajustement retenues.³⁷

À cette liste de variables s'ajoutent :

- les variables « temporelle » et « site » qui sont forcées dans le modèle pour tenir compte du fait que les prélèvements se succèdent dans le temps sur un nombre limité de sites (données longitudinales) ;
- les indicateurs météorologiques « vent fort », « cumul de pluie » et « nombre de jours de pluie » qui sont intégrés au modèle en interaction avec les indicateurs spatialisés de niveau 3 uniquement ;
- l'indicateur « soufre » qui est intégré pour la substance soufre uniquement.

Ainsi, la matrice qui détaille les variables introduites dans les modèles testés pour les 4 substances est disponible en Annexe 54. Le tableau qui précise l'utilisation des indicateurs spatialisés en tant que variable continue ou variable catégorielle est également disponible en Annexe 54.

L'hypothèse classique que les concentrations suivent une loi log-normale est retenue suite à un contrôle visuel des distributions.

³⁷ À noter que le nombre de variables d'ajustement pouvant être introduites dans les modèles est réduit à cause du faible effectif de sites.

Résultats

Les conditions d'application des modèles testés ne sont jamais valides (convergence, résidus, etc.) (résultats non illustrés). Comme anticipé lors de l'élaboration du protocole³⁸, ces résultats confirment que l'utilisation de modèles statistiques n'est pas conclusive pour l'air ambiant à cause du faible effectif de sites imposé par les contraintes logistiques et financières. Le nombre de variables d'ajustement pertinentes à introduire dans les modèles est également limité pour cette matrice.

Conclusion

Les modèles de régression bayésienne ne permettent pas de conclure sur l'objectif de comparer les niveaux de contamination des échantillons d'air ambiant collectés en période de traitement sur les sites localisés en zones viticoles avec ceux collectés sur les sites localisés en zones non viticoles.

5.3 Autres modèles

D'autres approches plus simples ne peuvent pas être utilisées car les conditions d'application ne sont pas respectées :

- pour l'ANOVA à 3 facteurs : non-respect de la normalité de la distribution ;
- pour le modèle multinomial ordinal : présence de colinéarité, problème de non convergence et problème de linéarité.

³⁸ [PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non-viticoles. Protocole.](#)
Annexe 7 : Calcul du nombre de sites nécessaire pour les mesures d'air ambiant.

6 IDENTIFICATION DES FACTEURS ASSOCIES AUX NIVEAUX DE CONTAMINATION DE L'AIR AMBIANT 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 ambiant des sites en zones viticoles en période de traitement (7 sites pour le cuivre, le soufre, le glyphosate et le fosétyl-aluminium ; 16 sites pour les autres substances) en lien avec la présence de ces cultures en période de traitement (dont la distance aux vignes).

6.1 Analyses descriptives

L'interprétation des résultats de contamination menée en partie 4 permet de formuler quelques hypothèses sur les facteurs contribuant aux niveaux de contamination des échantillons d'air ambiant des sites en zones viticoles :

- la distance entre les préleveurs d'air ambiant et la première parcelle de vignes est difficilement exploitable pour le volet air ambiant puisque le protocole contraint dès le départ cette distance entre 30 et 70 m (distances réelles entre 15 m et 86 m). Il y a donc peu de marge de manœuvre pour pouvoir expliquer les niveaux de contamination à partir de la distance qui présente peu de variabilité entre les sites ;
- comme explicité en Annexe 21, il semble difficile d'expliquer la contamination observée par rapport aux indicateurs spatialisés de niveau 1 quel que soit le rayon de distance considéré ;
- les indicateurs spatialisés de niveau 2 semblent être les indicateurs les plus pertinents pour expliquer les niveaux de contamination observés dans l'air ambiant (hors cuivre et soufre). En effet, la comparaison graphique entre les indicateurs spatialisés de niveau 2 et les données de concentrations des échantillons d'air ambiant des sites viticoles en période de traitement ont permis d'interpréter certains résultats de contamination (4.1.3.5) ;
- la comparaison graphique entre les indicateurs spatialisés de niveaux 2 et 3 (cf. Annexe 12) 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 ;
- les indicateurs comme la part de surface de vignes conduites en agriculture biologique, la part d'exploitations conduites en agriculture biologique, la densité des autres cultures consommatrices de PPP, la densité des grandes cultures permettent d'apporter des explications partielles pour quelques sites, sans toutefois pouvoir généraliser.

6.2 Modèle de régression bayésienne

Pour essayer d'aller plus loin, un modèle de régression bayésienne a ensuite été testé pour identifier les principaux facteurs contribuant aux niveaux de contamination des échantillons d'air ambiant des sites en zones viticoles en période de traitement.

Bilan des substances avec FQ > 40 %

Les 4 substances avec une fréquence de quantification supérieure à 40 % (cuivre (100 %), soufre (85,1 %), fosétyl-aluminium (57,5 %) et folpel (55,3 %)) sont testées.

Modèle de régression bayésienne et sélection des variables

Le modèle de régression bayésienne est réalisé avec :

- la concentration des substances dans l'air ambiant comme variable dépendante ;
- les différents niveaux des indicateurs spatialisés qui reflètent le potentiel de contaminations aux PPP liées à la présence de vignes et à l'usage des PPP dans les zones tampons de différentes tailles, introduits individuellement dans le modèle comme variable explicative d'intérêt :
 - o la distance à la première parcelle viticole ;
 - o les indicateurs spatialisés de niveau 1 selon les 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m ;
 - o les indicateurs spatialisés de niveau 2 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m ;
 - o les indicateurs spatialisés de niveau 3 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m ;
- le bassin viticole, comme unique variable d'ajustement retenue.

À cette liste de variables s'ajoutent :

- les variables « temporelle » et « site » qui sont forcées dans le modèle pour tenir compte du fait que les prélèvements se succèdent dans le temps sur un nombre limité de sites (données longitudinales) ;
- les indicateurs météorologiques « vent fort », « cumul de pluie » et « nombre de jours de pluie » qui sont intégrés en interaction avec les indicateurs spatialisés de niveau 3 ;
- l'indicateur « soufre » qui est intégré dans le modèle pour la substance soufre uniquement.

La matrice qui détaille les variables introduites dans les modèles testés pour les 4 substances est disponible en Annexe 55. Le tableau qui précise l'utilisation des indicateurs spatialisés en tant que variable continue ou variable catégorielle est également disponible en Annexe 55.

L'hypothèse classique que les concentrations suivent une loi log-normale est retenue suite à un contrôle visuel des distributions.

Résultats

Les conditions d'application des modèles testés ne sont jamais valides (convergence, résidus, etc.) (résultats non illustrés). Comme explicité au 5.2, ces résultats confirment que l'utilisation de modèles statistiques ne sont pas conclusifs pour l'air ambiant.

Conclusion

Le modèle de régression bayésienne ne permet pas d'identifier des facteurs associés aux contaminations des échantillons d'air ambiant des sites en zones viticoles en période de traitement, en lien avec la présence des vignes.

7 COMPARAISON DE LA CONTAMINATION DE L'AIR AMBIANT EN ZONES VITICOLES SELON LA PERIODE (TRAITEMENT OU HORS TRAITEMENT)

L'objectif est de comparer la contamination de l'air ambiant des sites en zones viticoles sur deux périodes différentes : la période de traitement des vignes (du 28/02/2022 au 06/09/2022 ; 7 sites pour le cuivre, le soufre, le glyphosate et le fosétyl-aluminium ; 16 sites pour les autres substances) et la période hors traitement (du 11/10/2021 au 22/02/2022 ; 7 sites pour toutes les substances).

7.1 Analyses descriptives

Des analyses descriptives associées à de la comparaison graphique permettent de comparer les niveaux de contamination des sites de zones viticoles entre la période de traitement et la période hors traitement.

7.1.1 Comparaison de fréquences de détection et de quantification

Les Tableau 26 et Tableau 27 comparent les fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement. Sont également calculés pour chaque substance :

- les différences de FD et différence de FQ entre la période de traitement et la période hors traitement, exprimées en points de pourcentage (p%) ;
- les ratios entre les valeurs de FD et ratios entre valeurs de FQ en période de traitement et en période hors traitement.

La période hors traitement sert systématiquement de référence.

Ainsi, sur les 39 substances recherchées :

En termes de fréquence de détection (FD) :

- 1 substance (cyfluthrine) n'a été analysée qu'en période de traitement ;
- **5 substances** (carbétamide, iprovalicarbe, oryzalin, thiaméthoxame, triadiménol) **n'ont jamais été détectées quelle que soit la période ;**
- **1 substance** (cuivre) **a été systématiquement détectée (FD = 100 %) quelle que soit la période ;**
- **21 substances n'ont été détectées en zones viticoles qu'en période de traitement** avec des fréquences de détection comprises entre 32 % et 0,2 %. À part le chlorpyrifos-méthyl et le quinoxyfène, ces substances ont des usages PPP autorisés. Parmi les 21 substances :
 - o 10 substances ont une FD supérieure à 5 % (par ordre décroissant de FD : fluopyram, cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine, cyprodinil, métrafénone, difénoconazole, cyazofamide, pyriméthanil) ;
 - o 11 substances ont une FD inférieure à 5 % (par ordre décroissant de FD : krésoxym-méthyl, boscalid, métalaxyl-m, fenhexamide, tau-fluvalinate, indoxacarbe, mépanipyrimine, quinoxyfène, napropamide, cyperméthrine, myclobutanil).
- **9 substances détectées quelle que soit la période ont une fréquence de détection en zones viticoles en période de traitement plus élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FD comprises entre +1 p% et +67 p% selon

les substances, les FD en période de traitement étant jusqu'à 9 fois plus élevées qu'en période hors traitement :

- la différence de FD est comprise entre +67 p% et +11 p% pour **4 substances** (par ordre décroissant de FD en période de traitement : glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium, tébuconazole) ;
- la différence de FD est comprise entre +4 p% et +1 p% pour **5 substances** (par ordre décroissant de FD en période de traitement : soufre, chlorpyrifos-méthyl, lambda-cyhalothrine, deltaméthrine, étofenprox) ;
- **2 substances détectées quelle que soit la période** (par ordre décroissant de FD en période de traitement : pendiméthaline, propyzamide) **ont une fréquence de détection en zones viticoles en période de traitement moins élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FD de l'ordre de -33 p%, les FD en période hors traitement étant jusqu'à 3,4 fois plus élevées qu'en période de traitement.

En termes de fréquence de quantification (FQ) :

- 1 substance (cyfluthrine) n'a été analysée qu'en période de traitement ;
- **8 substances** (carbétamide, iprovalicarbe, mépanipyrime, myclobutanil, napropamide, oryzalin, thiaméthoxame, triadiménol) **n'ont jamais été quantifiées quelle que soit la période** ;
- **1 substance** (cuivre) **a été systématiquement quantifiée (FQ = 100 %) quelle que soit la période** ;
- **21 substances** **n'ont été quantifiées en zones viticoles qu'en période de traitement** avec des fréquences de quantification comprises entre 24,8 % et 0,2 %. Parmi les 21 substances :
 - 7 substances ont une FQ supérieure à 5 % (par ordre décroissant de FQ : cymoxanil, fluopyram, spirométholone, trifloxystrobine, zoxamide, cyprodinil, métrifénol) ;
 - 14 substances ont une FQ inférieure à 5 % (par ordre décroissant de FQ : cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanol, lambda-cyhalothrine, tébuconazole, krésoxym-méthyl, boscalid, étofenprox, fenhexamide, indoxacarbe, métalaxyl-m, tau-fluvalinate, cyperméthrine, quinoxyfène).
- **5 substances quantifiées quelle que soit la période ont une fréquence de quantification en zones viticoles en période de traitement plus élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FQ comprises entre +49 p% et +0,1 p% selon les substances, les FQ en période de traitement étant jusqu'à 8 fois plus élevées qu'en période hors traitement :
 - la différence de FQ est comprise entre +49 p% et +30 p% pour **4 substances** (par ordre décroissant de FQ en période de traitement : soufre, fosétyl-aluminium, folpel, glyphosate) ;
 - la différence de FQ est de +0,1 p% pour **1 substance** (deltaméthrine) ;
- **2 substances quantifiées quelle que soit la période** (par ordre décroissant de FQ en période de traitement : pendiméthaline, propyzamide) **ont une fréquence de quantification en zones viticoles en période de traitement moins élevée qu'en période hors traitement**, avec des différences de FQ comprises entre -31 p% et -28 p%, les FQ en période hors traitement étant jusqu'à 14 fois plus élevées qu'en période de traitement ;
- **1 substance** (chlorpyrifos-méthyl) a une fréquence de quantification similaire quelle que soit la période.

En conclusion, en zones viticoles, le nombre de substances détectées et quantifiées dans l'air ambiant est plus élevé en période de traitement qu'en période hors traitement (33 substances détectées versus 12 ; 30 substances quantifiées versus 9). 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 26 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

		Zones viticoles			
		Période de traitement	Période hors traitement	Comparaison entre période de traitement et période hors traitement	
Nom substance	N° CAS	FD _{globale} * (%)	FD _{globale} * (%)	Différence FD** (p%)	Ratio FD***
cuivre	7440-50-8	100	100	0	1
glyphosate	1071-83-6	87,1	20,3	67	4
folpel	133-07-3	62,8	12,9	50	5
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	8,7	49	7
tébuconazole	107534-96-3	12,2	1,4	11	9
soufre	7704-34-9	100	95,7	4	1,05
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	6,2	4,3	2	1,4
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	4,5	1,4	3	3
deltaméthrine	52918-63-5	3,2	1,4	2	2
étofenprox	80844-07-1	2,2	1,4	1	2
pendiméthaline	40487-42-1	48,9	82,9	-34	0,6
propyzamide	23950-58-5	13,9	47,1	-33	0,3
fluopyram	658066-35-4	32	0	32	
cymoxanil	57966-95-7	25	0	25	
zoxamide	156052-68-5	24	0	24	
trifloxystrobine	141517-21-7	22	0	22	
spiroxamine	118134-30-8	21	0	21	
cyprodinil	121552-61-2	17	0	17	
métrafénone	220899-03-6	15	0	15	
difénoconazole	119446-68-3	12	0	12	
cyazofamide	120116-88-3	11	0	11	
pyriméthanol	53112-28-0	10	0	10	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	5	0	5	
boscalid	188425-85-6	4	0	4	
métalaxyl-m	70630-17-0	4	0	4	
fenhexamide	126833-17-8	3	0	3	
tau-fluvalinate	102851-06-9	2	0	2	
indoxacarbe	173584-44-6	2	0	2	
mépanipyrim	110235-47-7	1	0	1	
quinoxifène	124495-18-7	1	0	1	
napropamide	15299-99-7	1	0	1	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	0	0,2	
myclobutanil	88671-89-0	0,2	0	0,2	
carbétamide	16118-49-3	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		
cyfluthrine	68359-37-5	0	Non recherché		

* FD_{globale} = fréquence de détection

**Différence FD (p%) = FD_{globale} (période de traitement) - FD_{globale} (période hors traitement)

*** Ratio FD = FD_{globale} (période de traitement) / FD_{globale} (période hors traitement)

Substance	FD _{globale} = 100 % quelle que soit la zone
Substance	FD _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FD > 5 p%
Substance	FD _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FD < 5 p%
Substance	FD _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FD < 0 p%
Substance	FD _{globale} > 0 % en période de traitement uniquement
Substance	FD _{globale} = 0 % quelle que soit la période

Tableau 27 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles			
		Période de traitement	Période hors traitement	Comparaison entre période de traitement et période hors traitement	
		FQ _{globale} * (%)	FQ _{globale} * (%)	Différence FQ** (p%)	Ratio FQ***
cuivre	7440-50-8	100	100	0	1
soufre	7704-34-9	85,1	37,7	47	2
fosétyl-aluminium	15845-66-6	57,5	8,7	49	7
folpel	133-07-3	55,3	7,1	48	8
glyphosate	1071-83-6	36,0	5,8	30	6
deltaméthrine	52918-63-5	1,5	1,4	0,1	1,1
pendiméthaline	40487-42-1	28,8	60	-31	0,5
propyzamide	23950-58-5	2,2	30	-28	0,1
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	1,2	1,4	-0,2	0,9
cymoxanil	57966-95-7	24,8	0	25	
fluopyram	658066-35-4	15,4	0	15	
spiroxamine	118134-30-8	12,4	0	12	
trifloxystrobine	141517-21-7	12,4	0	12	
zoxamide	156052-68-5	10,2	0	10	
cyprodinil	121552-61-2	5,5	0	6	
métrafénone	220899-03-6	5,5	0	6	
cyazofamide	120116-88-3	4,2	0	4	
difénoconazole	119446-68-3	3,7	0	4	
pyriméthanil	53112-28-0	2,7	0	3	
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	2,5	0	3	
tébuconazole	107534-96-3	2,2	0	2	
krésoxim-méthyl	143390-89-0	1,7	0	2	
boscalid	188425-85-6	1,5	0	2	
étofenprox	80844-07-1	1,0	0	1	
fenhexamide	126833-17-8	0,7	0	1	
indoxacarbe	173584-44-6	0,7	0	1	
métalaxyl-m	70630-17-0	0,7	0	1	
tau-fluvalinate	102851-06-9	0,5	0	1	
cyperméthrine	52315-07-8	0,2	0	0	
quinoxifène	124495-18-7	0,2	0	0	
carbétamide	16118-49-3	0	0		
iprovalicarbe	140923-17-7	0	0		
mépanipyrime	110235-47-7	0	0		
myclobutanil	88671-89-0	0	0		
napropamide	15299-99-7	0	0		
oryzalin	19044-88-3	0	0		
thiaméthoxame	153719-23-4	0	0		
triadiménol	55219-65-3	0	0		
cyfluthrine	68359-37-5	0	Non recherché		

* FQ_{globale} = fréquence de quantification

**Différence FQ (p%) = FQ_{globale} (période de traitement) - FQ_{globale} (période hors traitement)

*** Ratio FQ = FQ_{globale} (période de traitement) / FQ_{globale} (période hors traitement)

Substance	FQ _{globale} = 100 % quelle que soit la zone
Substance	FQ _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FQ > 5 p%
Substance	FQ _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FQ < 5 p%
Substance	FQ _{globale} > 0 % quelle que soit la période, Différence FQ < 0 p%
Substance	FQ _{globale} similaire quelle que soit la période
Substance	FQ _{globale} > 0 % en période de traitement uniquement
Substance	FQ _{globale} > 0 % quelle que soit la période

Les Figure 103 et Figure 104 illustrent la comparaison des fréquences de détection (FD) et de quantification (FQ) en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement.

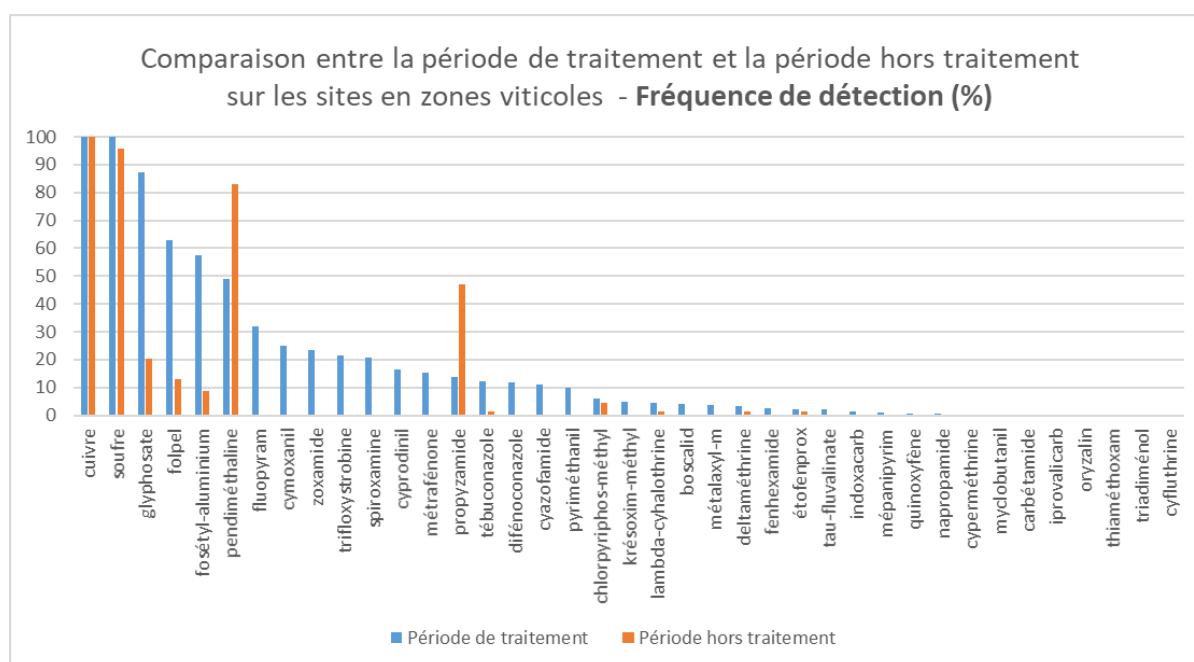


Figure 103 : Comparaison des fréquences de détection globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement (bleu) ou hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

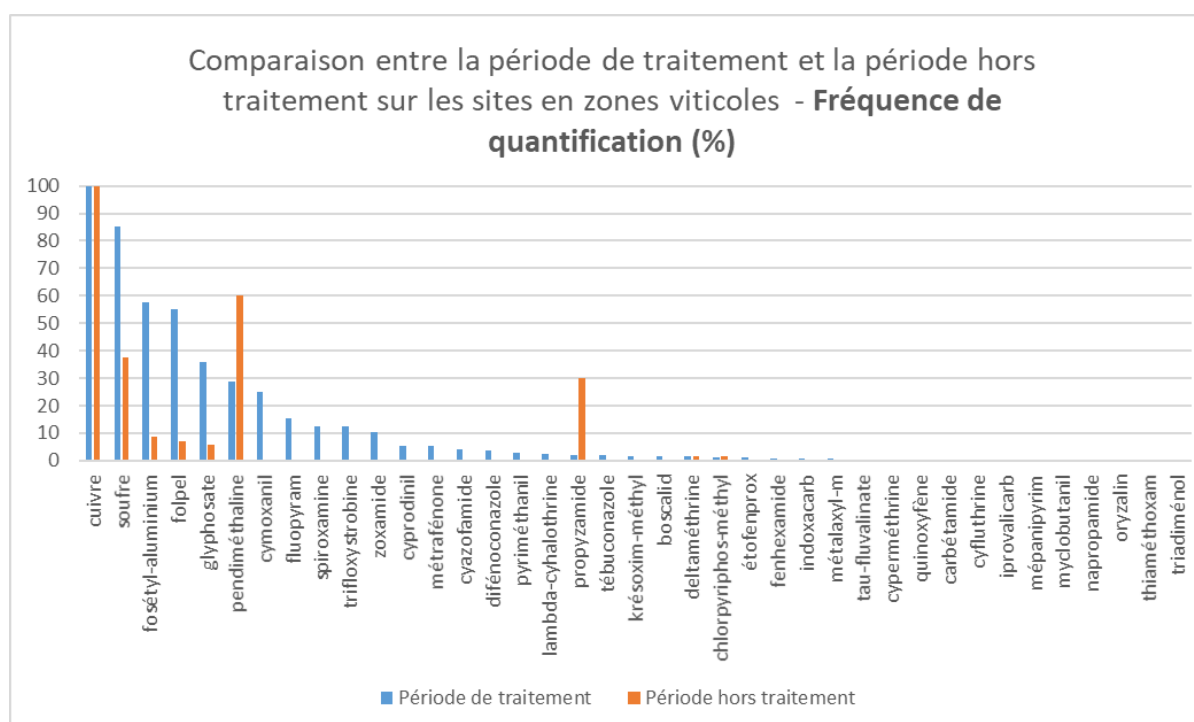


Figure 104 : Comparaison des fréquences de quantification globales dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : traitement (bleu) ou hors traitement (orange). PestiRiv, France, 2021-2022.

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

Les Tableau 28 à Tableau 30 comparent les médianes (P50), les 95^{ème} centiles (P95) et les concentrations maximales (C_{max}) des substances dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement et 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.

La période hors traitement sert systématiquement de référence.

Comparaison des médianes (P50)

3 substances (soufre, folpel, fosétyl-aluminium) présentent des **médianes (P50) plus élevées en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**, avec des niveaux 2 à 15 fois plus élevés en zones viticoles.

3 substances (cuivre, glyphosate, pendiméthaline) présentent des **médianes (P50) du même ordre de grandeur en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**.

Pour les 32 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P50 (P50 < LD quelle que soit la zone).

Comparaison des 95^{ème} centile (P95)

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

- pour 3 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement (soufre, folpel, fosétyl-aluminium), la différence de P95 varie entre +4,4 et +385 ng/m³, correspondant à des niveaux 1,9 à 45 fois plus élevés en période de traitement ;
- pour 5 substances ayant une fréquence de détection supérieure à 5 % en zones viticoles uniquement en période de traitement (fluopyrame, cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine), les différences de P95 varient au minimum de +0, 2 à +1,0 ng/m³, correspondant à des niveaux au moins 7 à 12 fois plus élevés en période de traitement.

2 substances (pendiméthaline, propyzamide) présentent des **P95 moins élevés en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**, avec des différences de P95 variant de -0,3 à -2,2 ng/m³, correspondant à des niveaux de P95 8 à 9 fois plus élevés en période hors traitement qu'en période de traitement.

9 substances (cuivre, glyphosate, tébuconazole, chlorpyrifos-méthyl, cyprodinil, métrafénone, difénoconazole, cyazofamide, pyrimétanil) présentent des **P95 du même ordre de grandeur en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement**.

Pour les 19 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 (P95 < LD quelle que soit la période).

Comparaison des concentrations maximales ($C_{\max}$)

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

- pour 10 substances détectées en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement, les différences de $C_{\max}$ varient de +0,20 à +335 ng/m³, correspondant à des niveaux 1,5 à 722 fois plus élevés en période de traitement ;
- pour 17 substances détectées en zones viticoles uniquement en période de traitement (fluopyrame, cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine, cyprodinil, métrafénone, difénoconazole, cyazofamide, pyriméthanil, krésoxym-méthyl, boscalid, métalaxyl, fenhexamide, tau-fluvalinate, indoxacarbe, cyperméthrine), les différences de $C_{\max}$ varient au minimum de +0,2 à +21,4 g/m³, correspondant à des niveaux au moins 4 à 196 fois plus élevés en période de traitement.

2 substances (pendiméthaline, propyzamide) présentent des $C_{\max}$ **moins élevées en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**, avec des différences de $C_{\max}$ variant de -1,0 à -2,9 ng/m³, correspondant à des niveaux de $C_{\max}$ 4 à 9 fois plus élevés en période hors traitement qu'en période de traitement.

4 substances (propyzamide, mépanipyrime, quinoxifène, napropamide, myclobutanil) présentent des $C_{\max}$ **du même ordre de grandeur en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement**.

Pour les 6 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 ambiant sont :

- **plus élevés en période de traitement qu'en période hors traitement pour 8 substances** (soufre, folpel, fosétyl-aluminium, fluopyrame, cymoxanil, zoxamide, trifloxystrobine, spiroxamine) ;
- **moins élevés en période de traitement qu'en période hors traitement pour 2 substances** (pendiméthaline, propyzamide) ;
- **du même ordre de grandeur quelle que soit la période pour 9 substances** (cuivre, glyphosate, tébuconazole, chlorpyrifos-méthyl, cyprodinil, métrafénone, difénoconazole, cyazofamide, pyriméthanil).

Pour les 20 autres substances, il n'est pas possible de conclure sur les P95 ($P95 < LD$ quelle que soit la période).

Tableau 28 : Comparaison des médianes des concentrations (P50 en ng/m³) dans l'air ambiant en zones viticoles selon la période : période de traitement des vignes ou période hors traitement (substances avec FD ≥ 50 % en période de traitement et/ou en période hors traitement). PestiRiv, France, 2021-2022.

Nom substance	N° CAS	Zones viticoles			
		Période de traitement	Période hors traitement	Comparaison entre période de traitement et période hors traitement	
		P50* (ng/m ³)	P50* (ng/m ³)	Différence** P50 (ng/m ³)	Ratio*** P50
cuivre	7440-50-8	3,3	2,9	0,4	1,1
soufre	7704-34-9	444,3	238,8	205,5	1,9
glyphosate	1071-83-6	0,03	< LD (0,01)	≥ 0,02	≥ 2,6
folpel	133-07-3	0,3	< LD (0,05)	≥ 0,2	≥ 4,9
fosétyl-aluminium	15845-66-6	0,1	< LD (0,004)	≥ 0,05	≥ 15,2
pendiméthaline	40487-42-1	< LD (0,02)	0,1	≤ -0,06	≤ 0,3

*P50 = médiane

** Différence P50 = P50 (zones viticoles) – P50 (zones non viticoles)

*** Ratio P50 = P50 (zones viticoles) / P50 (zones non viticoles)

Tableau 29 : Comparaison des 95^{ème} centiles des concentrations (P95 en ng/m³) dans l'air ambiant 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	Période de traitement	Comparaison entre période de traitement et période hors traitement	
		P95* (ng/m ³)	P95* (ng/m ³)	Différence** P95 (ng/m ³)	Ratio*** P95
cuivre	7440-50-8	7,2	5,4	1,8	1,3
soufre	7704-34-9	833,3	448,6	384,7	1,9
glyphosate	1071-83-6	0,1	0,04	0,07	2,6
folpel	133-07-3	9,4	0,22	9,18	43,4
fosétyl-aluminium	15845-66-6	4,5	0,10	4,38	45,5
pendiméthaline	40487-42-1	0,27	2,51	-2,24	0,1
propyzamide	23950-58-5	0,04	0,34	-0,30	0,1
tébuconazole	107534-96-3	0,08	< LD (0,05)	≥ 0,03	≥ 1,7
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	0,05	< LD (0,04)	≥ 0,008	≥ 1,2
fluopyrame	658066-35-4	0,48	< LD (0,05)	≥ 0,43	≥ 10,4
cymoxanil	57966-95-7	1,14	< LD (0,15)	≥ 0,99	≥ 7,5
zoxamide	156052-68-5	0,31	< LD (0,05)	≥ 0,27	≥ 6,9
trifloxystrobine	141517-21-7	0,24	< LD (0,04)	≥ 0,21	≥ 6,7
spiroxamine	118134-30-8	0,56	< LD (0,05)	≥ 0,51	≥ 12,2
cyprodinil	121552-61-2	0,06	< LD (0,02)	≥ 0,05	≥ 3,5
métrafénone	220899-03-6	0,15	< LD (0,05)	≥ 0,10	≥ 3,3
difénoconazole	119446-68-3	0,10	< LD (0,05)	≥ 0,05	≥ 2,2
cyazofamide	120116-88-3	0,12	< LD (0,05)	≥ 0,07	≥ 2,6
pyriméthanil	53112-28-0	0,04	< LD (0,02)	≥ 0,02	≥ 1,9

*P95 = 95^{ème} centile

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

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

Tableau 30 : Comparaison des concentrations maximales ($C_{\max}$ en ng/m^3) dans l'air ambiant 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	Période de traitement	Comparaison entre période de traitement et période hors traitement	
		$C_{\max}^*$ (ng/m^3)	$C_{\max}^*$ (ng/m^3)	Différence** $C_{\max}$ (ng/m^3)	Ratio*** $C_{\max}$
cuivre	7440-50-8	42,8	8,3	34,4	5,1
soufre	7704-34-9	966,5	631,6	335,0	1,5
glyphosate	1071-83-6	0,28	0,08	0,20	3,3
folpel	133-07-3	101,4	0,4	101,0	250,5
fosétyl-aluminium	15845-66-6	202,4	0,3	202,1	721,5
pendiméthaline	40487-42-1	0,9	3,7	-2,9	0,2
propyzamide	23950-58-5	0,11	1,07	-1,0	0,1
tébuconazole	107534-96-3	0,55	0,07	0,5	7,7
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	1,02	0,15	0,9	6,6
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	0,54	0,02	0,5	25,4
deltaméthrine	52918-63-5	0,52	0,20	0,3	2,7
étofenprox	80844-07-1	0,45	0,03	0,4	13,4
fluopyrame	658066-35-4	1,9	< LD (0,05)	$\geq 1,8$	≥ 36
cymoxanil	57966-95-7	21,6	< LD (0,17)	$\geq 21,4$	≥ 124
zoxamide	156052-68-5	6,6	< LD (0,05)	$\geq 6,5$	≥ 127
trifloxystrobine	141517-21-7	1,2	< LD (0,04)	$\geq 1,2$	≥ 30
spiroxamine	118134-30-8	6,6	< LD (0,05)	$\geq 6,6$	≥ 127
cyprodinil	121552-61-2	3,1	< LD (0,02)	$\geq 3,1$	≥ 150
métrafénone	220899-03-6	10,2	< LD (0,05)	$\geq 10,1$	≥ 196
difénoconazole	119446-68-3	4,4	< LD (0,05)	$\geq 4,3$	≥ 84
cyazofamide	120116-88-3	0,9	< LD (0,05)	$\geq 0,9$	≥ 18
pyriméthanil	53112-28-0	1,0	< LD (0,02)	$\geq 0,9$	≥ 46
krésoxim-méthyl	143390-89-0	0,27	< LD (0,02)	$\geq 0,3$	≥ 13
boscalid	188425-85-6	0,34	< LD (0,05)	$\geq 0,3$	≥ 7
métalaxyl	70630-17-0	0,25	< LD (0,05)	$\geq 0,2$	≥ 5
fenhexamide	126833-17-8	0,54	< LD (0,05)	$\geq 0,5$	≥ 10
tau-fluvalinate	102851-06-9	1,2	< LD (0,05)	$\geq 1,1$	≥ 23
indoxacarbe	173584-44-6	1,3	< LD (0,05)	$\geq 1,2$	≥ 24
mépanipyrime	110235-47-7	0,10	< LD (0,05)	$\geq 0,05$	$\geq 1,9$
quinoxifène	124495-18-7	0,05	< LD (0,01)	$\geq 0,04$	$\geq 5,2$
napropamide	15299-99-7	0,05	< LD (0,02)	$\geq 0,03$	$\geq 2,6$
cyperméthrine	52315-07-8	0,33	< LD (0,08)	$\geq 0,2$	$\geq 4,0$
myclobutanil	88671-89-0	0,05	< LD (0,04)	$\geq 0,004$	$\geq 1,1$

7.1.3 Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus

Les Figure 105 à Figure 113 comparent les distributions des concentrations des 9 substances quantifiées sur les sites en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement :

- pour le cuivre, les distributions sont similaires quelle que soit la période, bien que les concentrations maximales soient plus élevées en période de traitement ;
- pour le soufre, le fosétyl-aluminium, le folpel et le glyphosate, les distributions sont différentes selon la période, avec des niveaux de contamination plus importants en période de traitement ;
- pour la pendiméthaline et le propyzamide, les distributions sont différentes selon la période, avec des niveaux de contamination légèrement plus importants en période hors traitement ;
- pour la deltaméthrine et le chlorpyrifos-méthyl, les quantifications sont anecdotiques quelle que soit la période.

L'Annexe 56 compare les distributions des concentrations des autres substances.

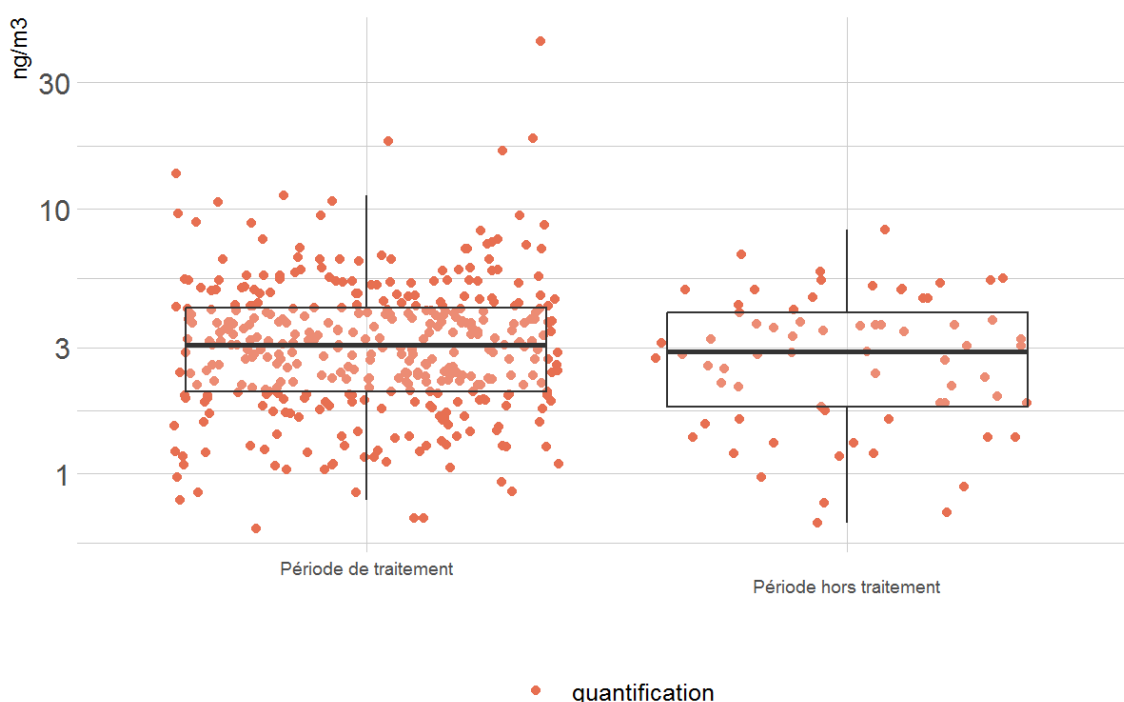


Figure 105 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en cuivre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

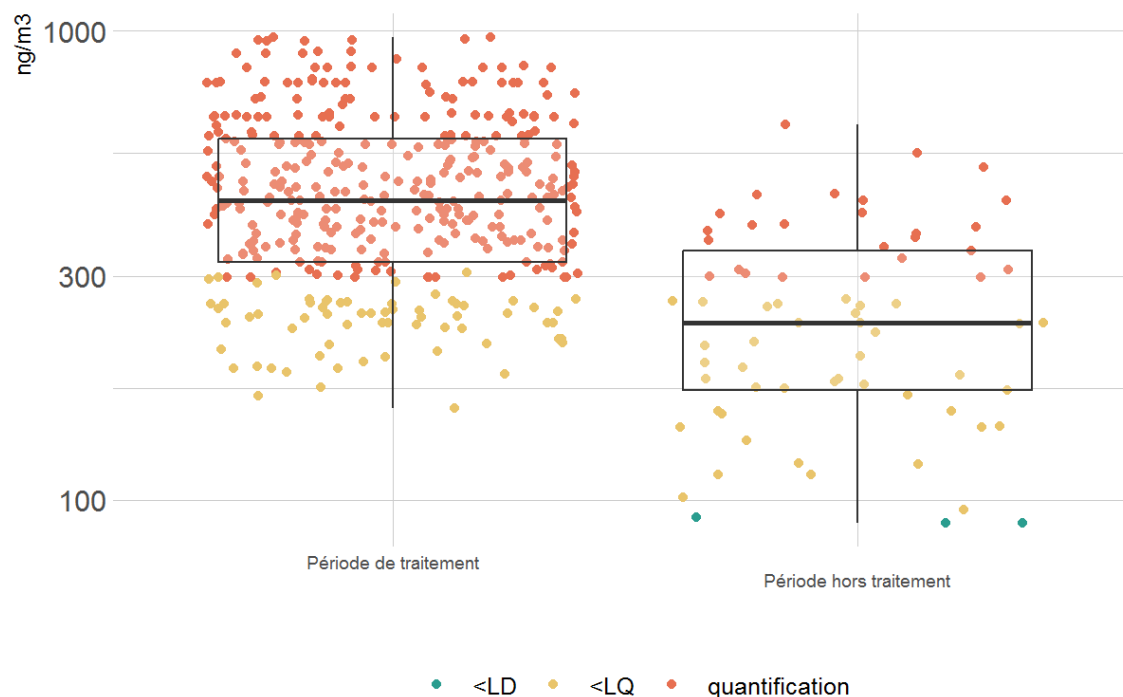


Figure 106 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en soufre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

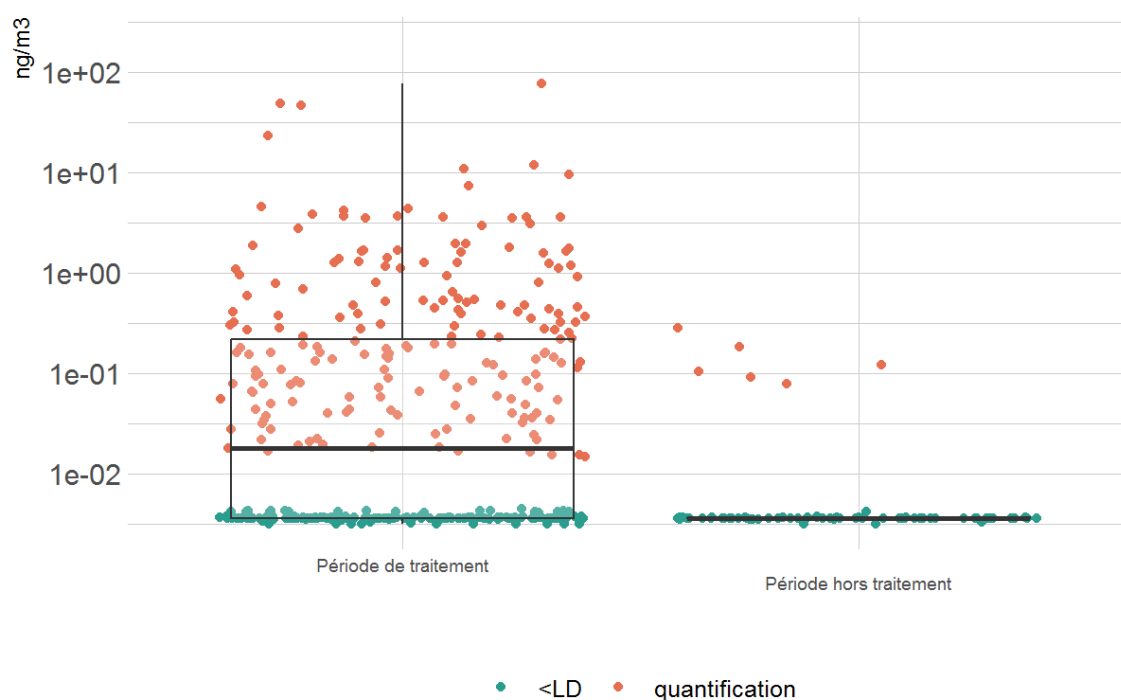


Figure 107 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en fosétyl-aluminium en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 108 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en folpel en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.



Figure 109 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en pendiméthaline en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

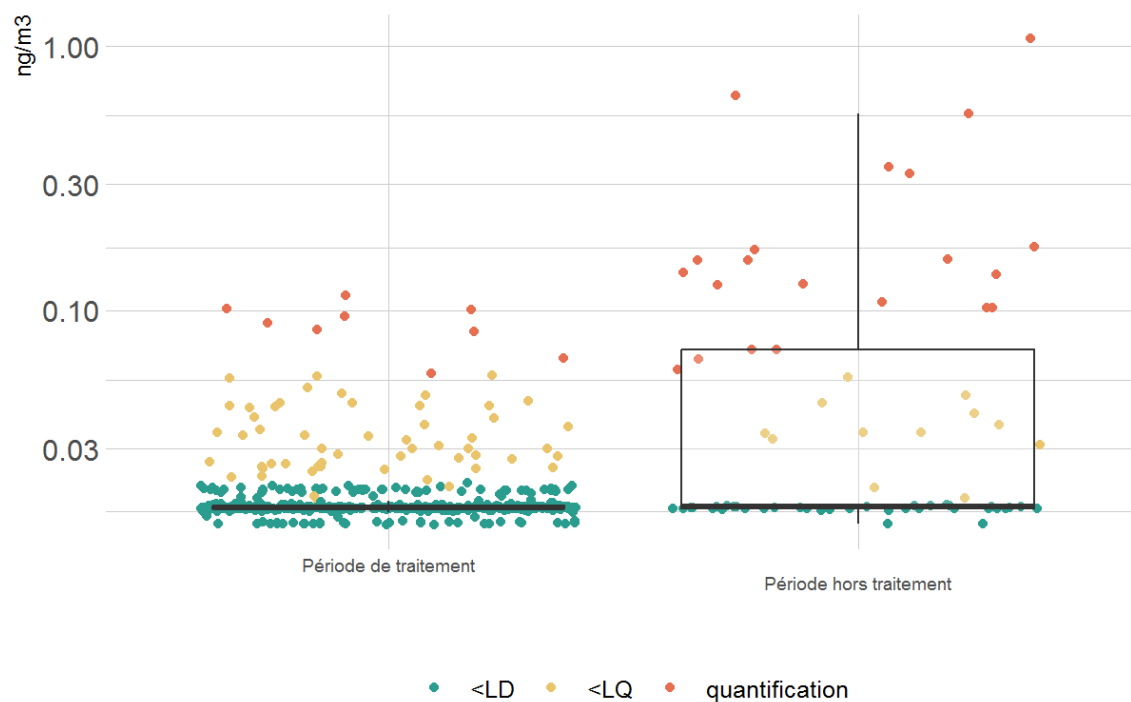


Figure 110 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en propyzamide en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

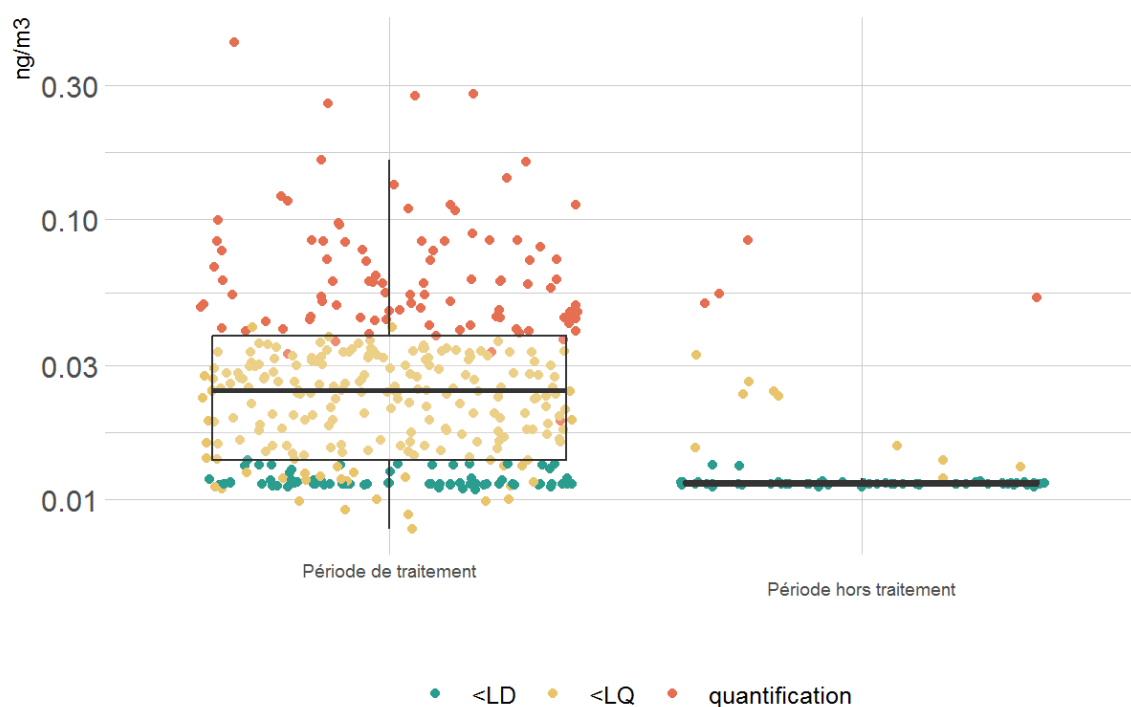


Figure 111 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en glyphosate en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

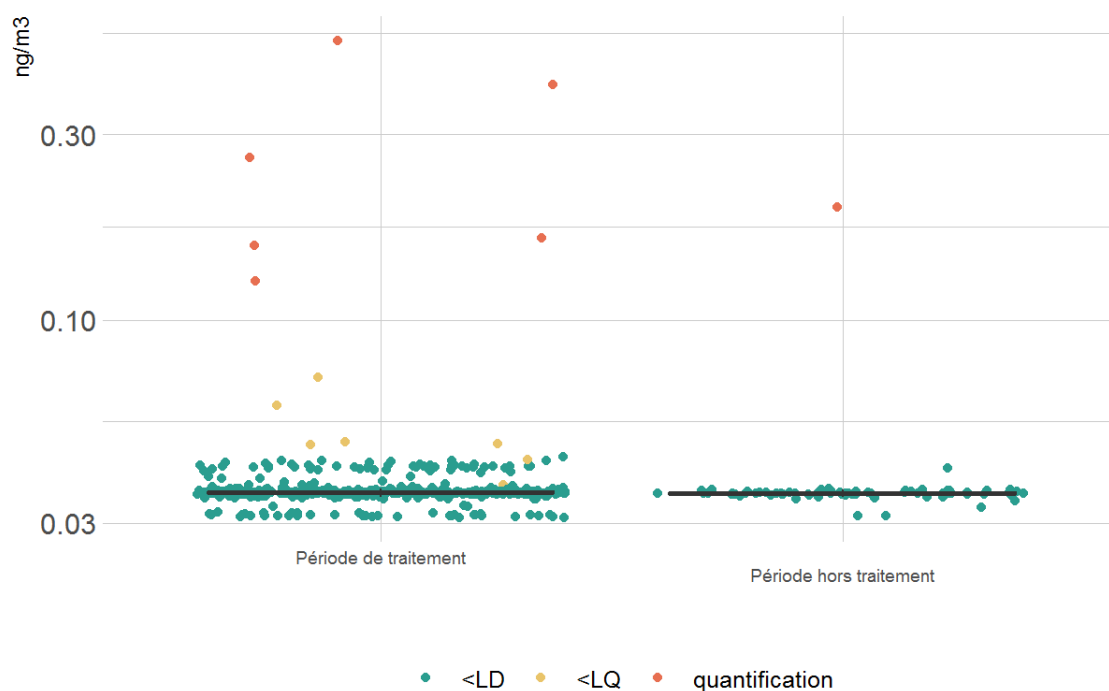


Figure 112 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en deltaméthrine en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

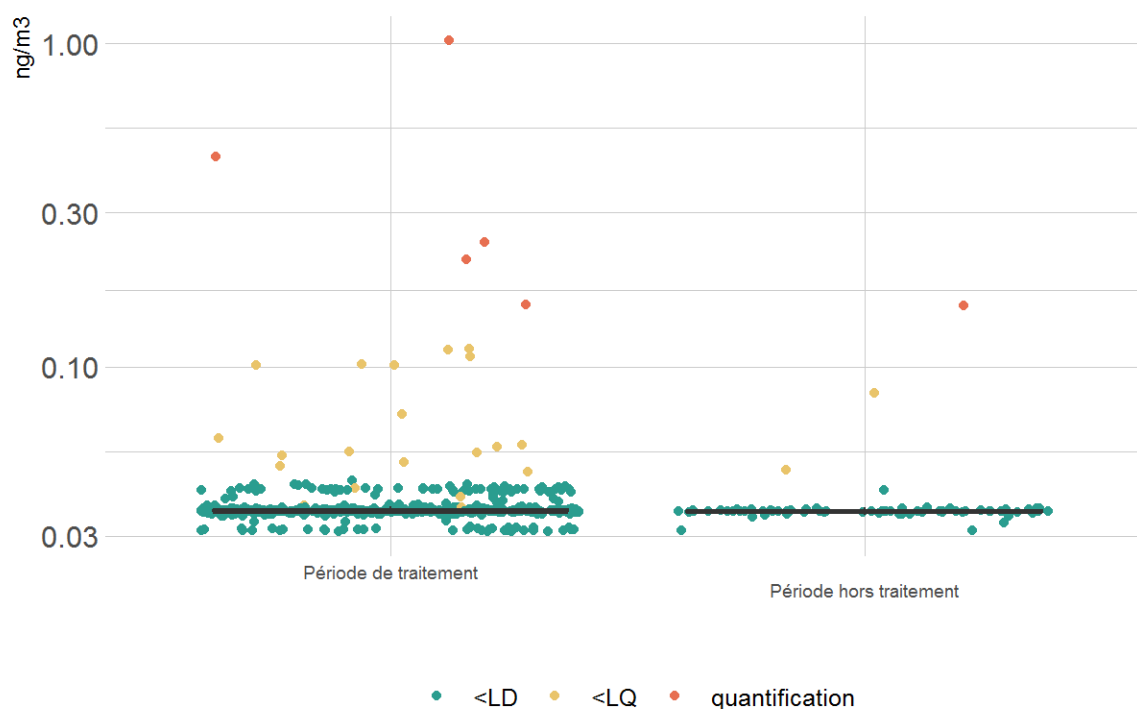


Figure 113 : Comparaison des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en chlorpyrifos-méthyl en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

7.1.4 Comparaison des distributions des concentrations par site

Les Figure 114 à Figure 122 comparent les distributions des concentrations par substance par site des 9 substances quantifiées sur les sites en zones viticoles à la fois en période de traitement et en période hors traitement. L'objectif est d'affiner les interprétations formulées au paragraphe précédent. Les distributions sont représentées uniquement pour les 7 sites en zones viticoles instrumentés à la fois en période hors traitement et en période de traitement :

- pour le cuivre, les distributions sont variables selon les sites. Par exemple, les sites d'Armissan et Le Mesnil-sur-Oger sont plus contaminés en période de traitement, alors que le site d'Avensan est plus contaminé en période hors traitement ;
- pour les 8 autres substances, les distributions par site confirment l'interprétation générale formulée tous sites confondus pour chacune des substances. À noter que le propyzamide et la pendiméthaline ne sont pas quantifiés sur tous les sites (tout comme la deltaméthrine et le chlorpyrifos-méthyl pour lesquels la quantification est anecdotique).

L'Annexe 57 compare les distributions des concentrations par site des autres substances.

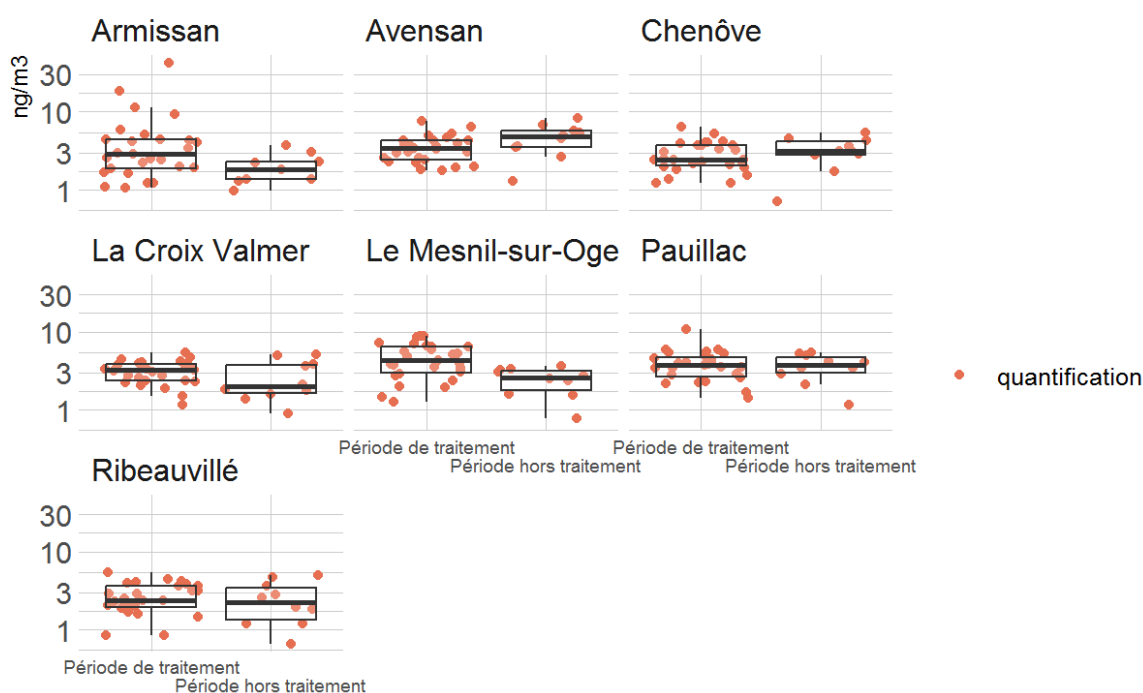


Figure 114 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en cuivre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

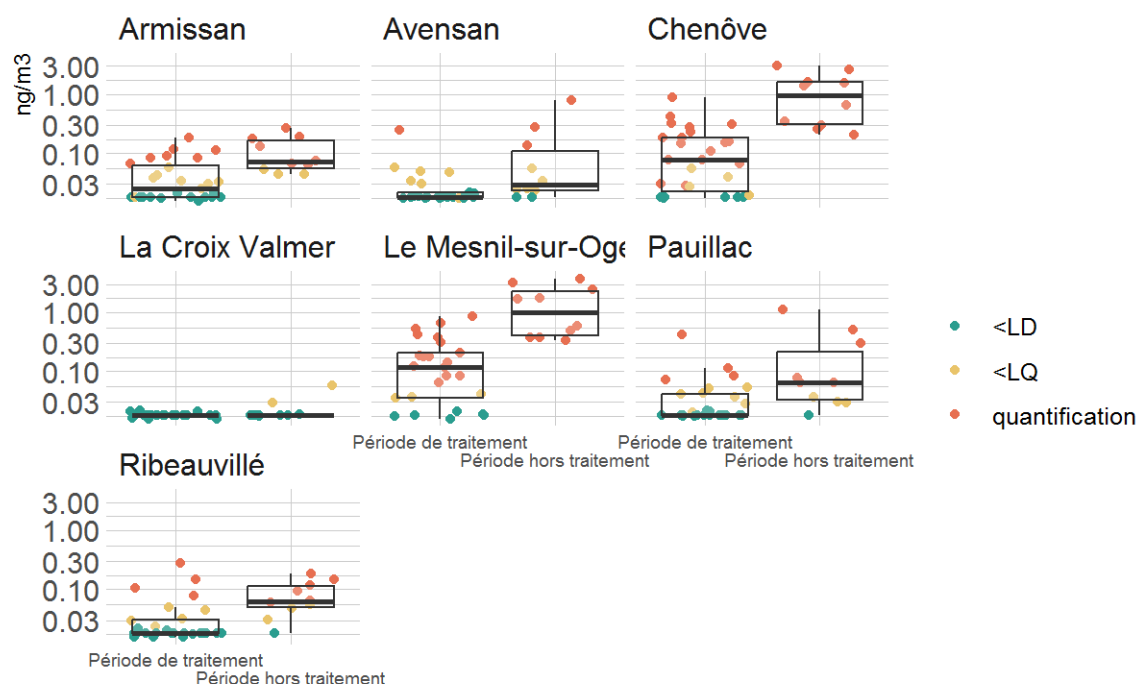


Figure 115 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en pendiméthaline en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

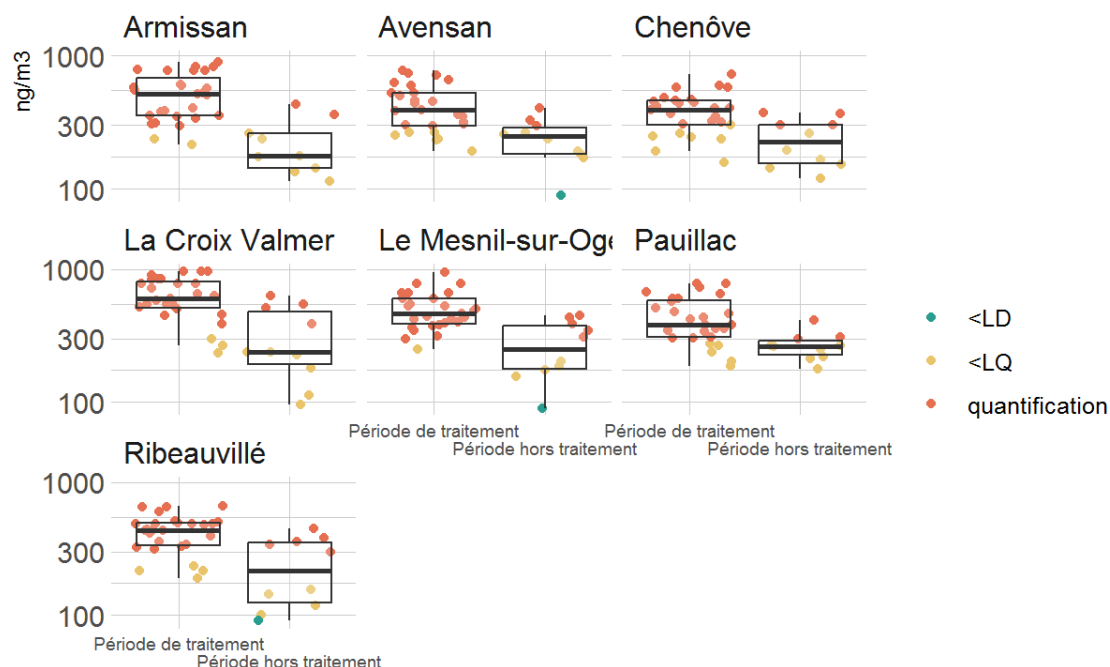


Figure 116 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en soufre en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

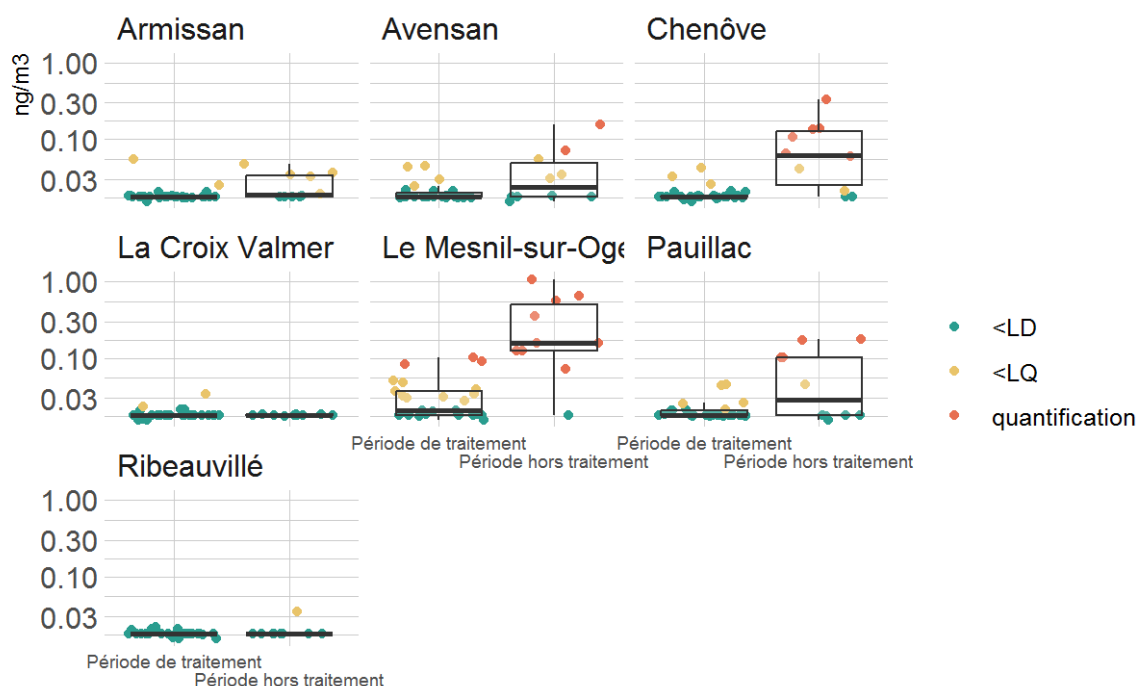


Figure 117 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en propyzamide en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

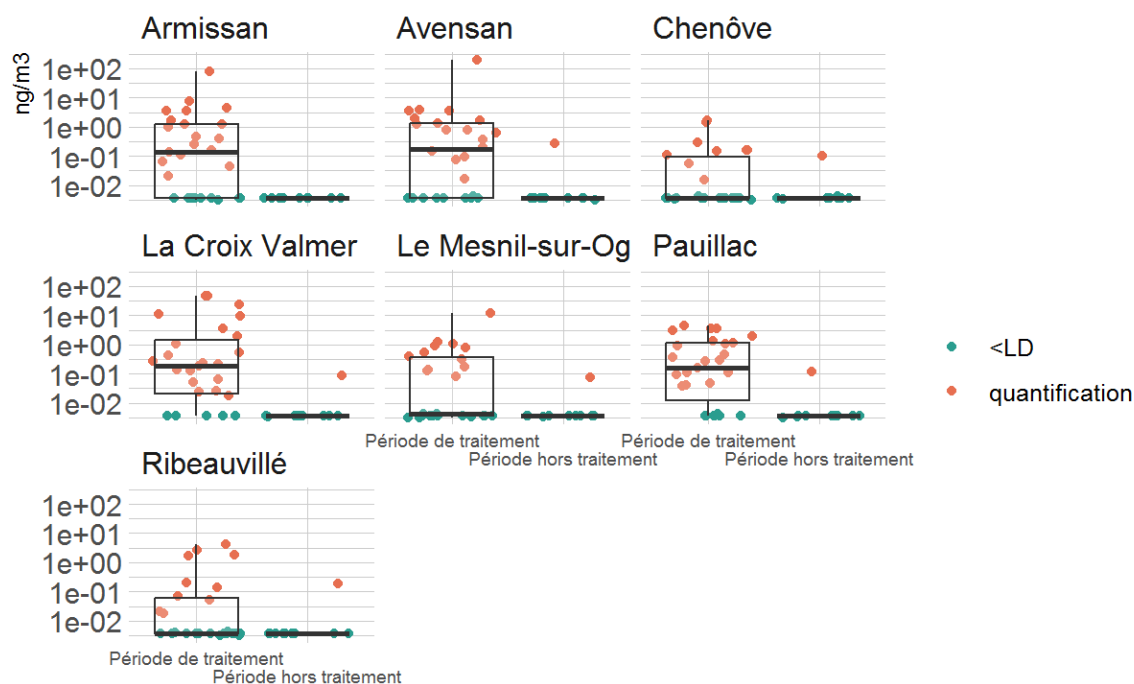


Figure 118 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en fosétyl-aluminium en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

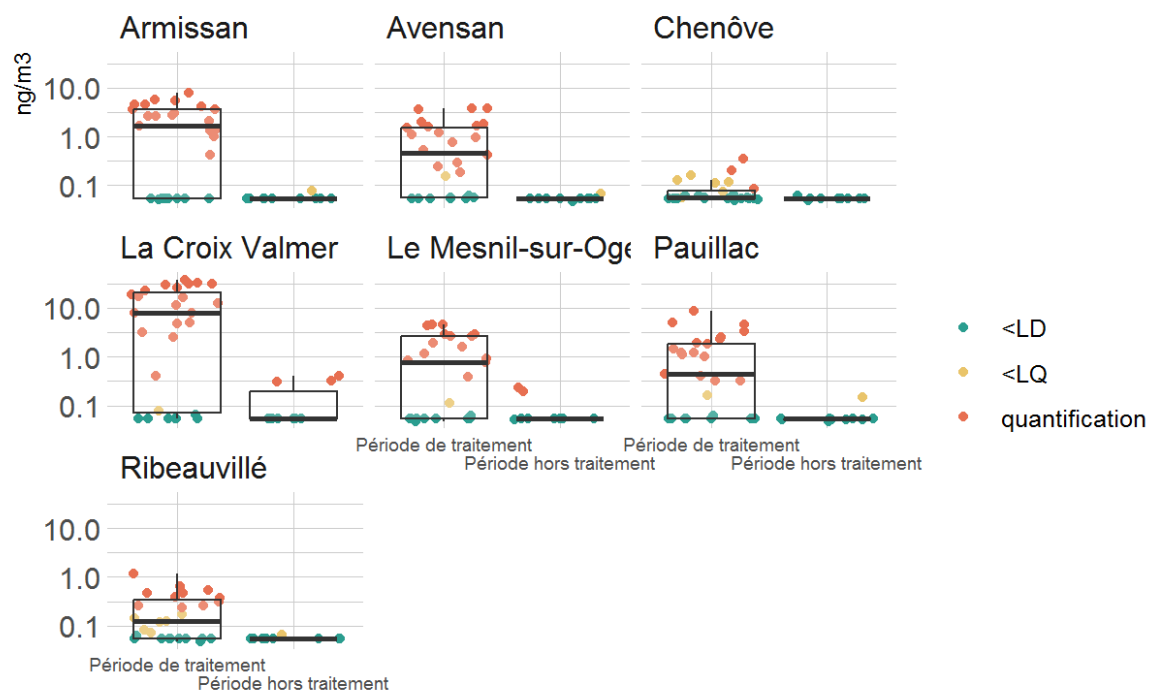


Figure 119 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en folpet en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

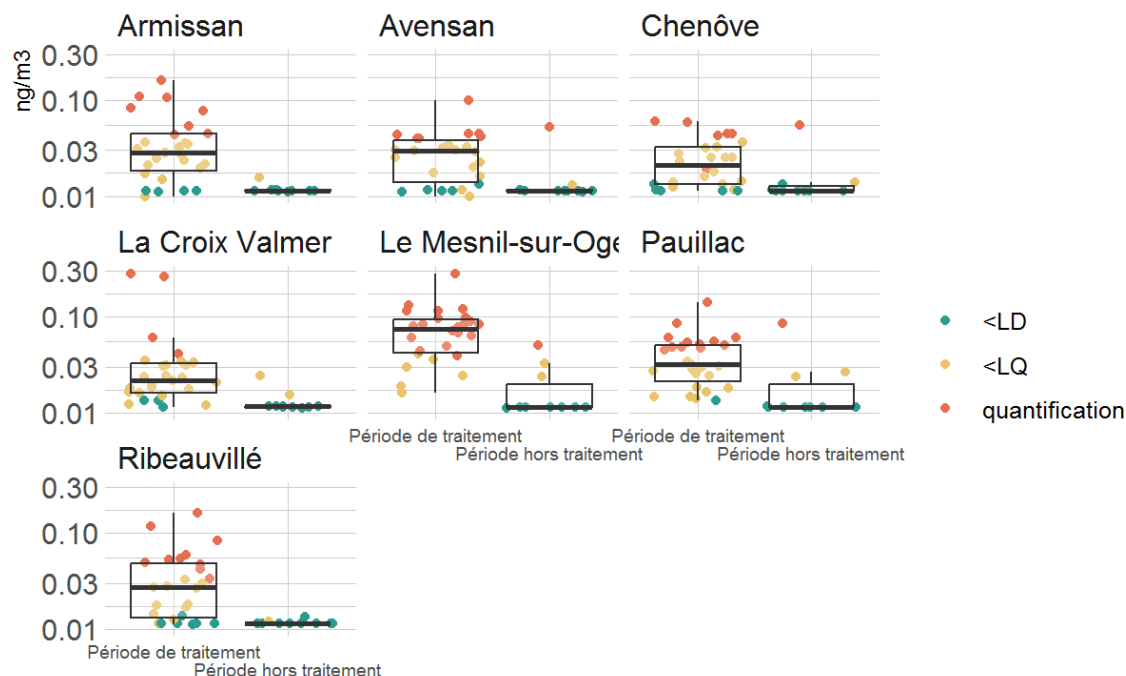


Figure 120 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en glyphosate en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

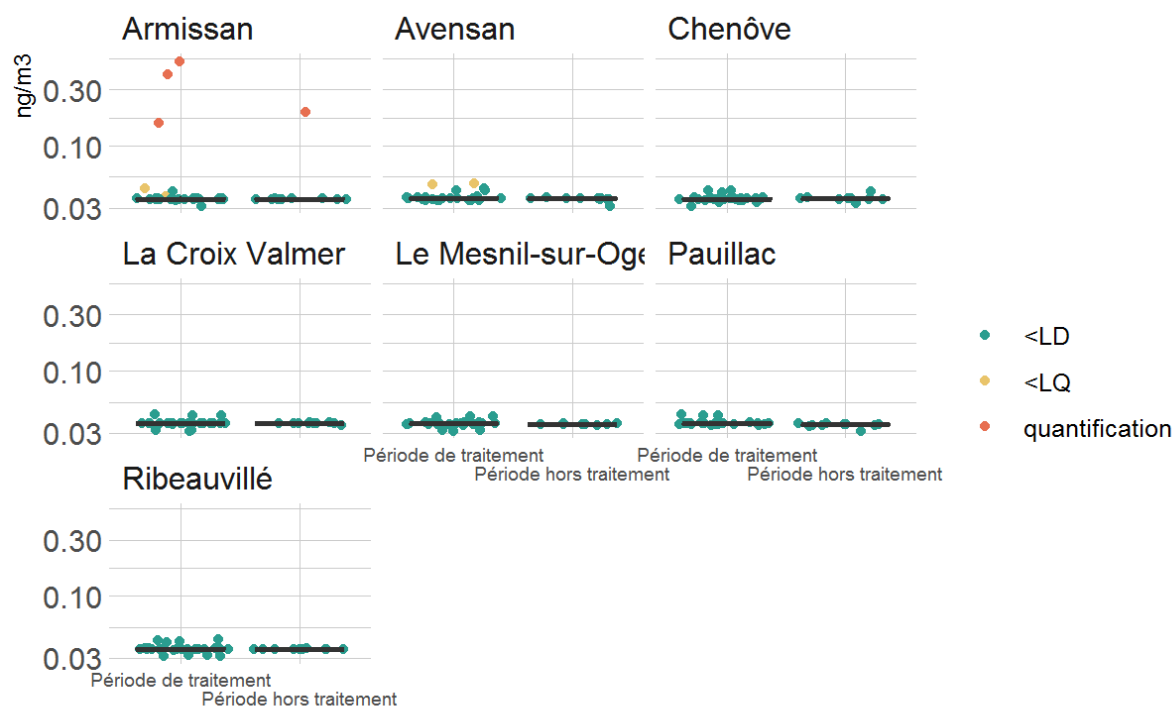


Figure 121 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en deltaméthrine en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

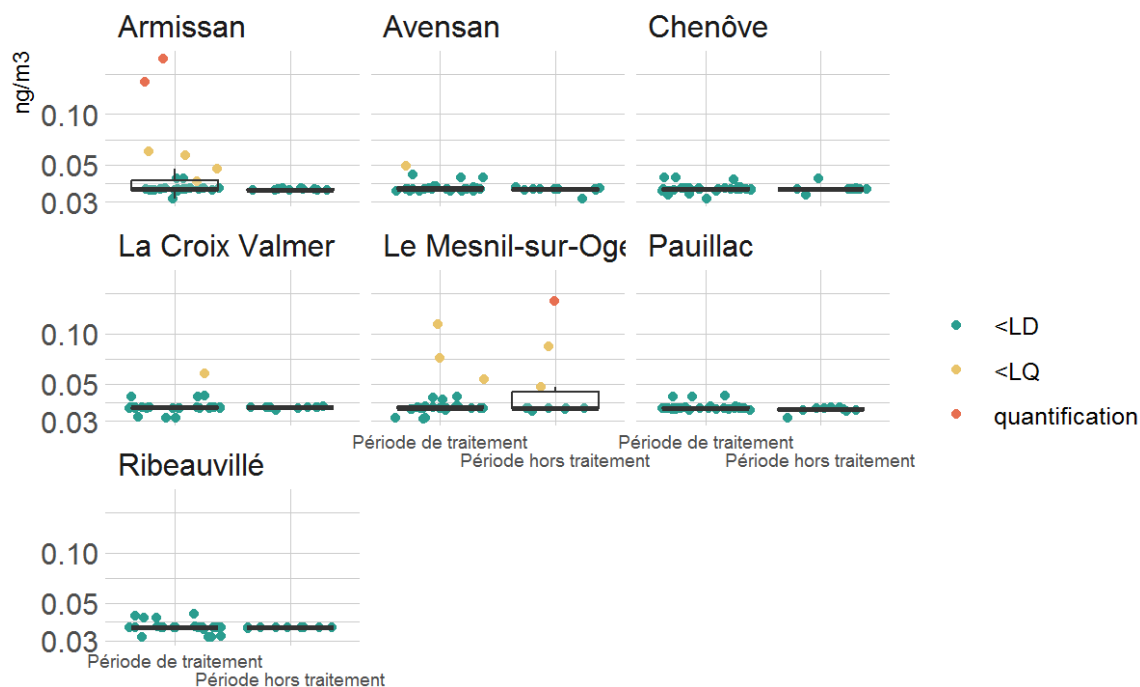


Figure 122 : Comparaison par site des concentrations dans l'air ambiant (ng/m³) en chlorpyrifos-méthyl en zones viticoles selon la période : traitement ou hors traitement. PestiRiv, France, 2021-2022.

7.1.5 Synthèse : caractérisation de l'effet de la période (traitement des vignes ou hors traitement)

L'effet de la période (traitement des vignes ou hors traitement) sur la contamination de l'air ambiant en zones viticoles a été caractérisé à partir des analyses descriptives en tenant compte des 4 paramètres suivants :

- différence FQ (exprimée en points de pourcentages p%) = $FQ_{\text{globale}}(\text{période de traitement}) - FQ_{\text{globale}}(\text{période hors traitement})$;
- ratio P95 = $P95(\text{période de traitement}) / P95(\text{période hors traitement})$;
- $FQ_{\text{globale}}(\text{période hors traitement})$;
- pertinence des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour expliquer le profil de contamination en période de traitement.

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). À noter que l'utilisation du Ratio P95 est possible pour quelques substances seulement. Dans ces cas, 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 période sont détaillés dans le Tableau 31. Les seuils proposés permettent de discriminer les substances et de définir plusieurs grandes catégories.

L'analyse est réalisée uniquement pour les 30 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement en zones viticoles ou en zones non viticoles. Le Tableau 32 synthétise tous les résultats.

Tableau 31 : Critères retenus pour définir la plausibilité et la force de l'effet de la période de traitement sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant 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 $\leq 0,1$
	Modéré	$5 \leq \text{Ratio P95} < 10$ OU $0,1 < \text{Ratio P95} \leq 0,2$
	Faible	$1 < \text{Ratio P95} < 5$ OU $0,2 < \text{Ratio P95} < 1$
	Très faible	Ratio P95 non estimable

Légende :

Ratio P95 = $P95(\text{période de traitement}) / P95(\text{période hors traitement})$

Différence FQ (p%) = $FQ_{\text{globale}}(\text{période de traitement}) - FQ_{\text{globale}}(\text{période hors traitement})$

En conclusion, d'après les analyses descriptives des 30 substances quantifiées au moins une fois en zones viticoles quelle que soit la période, **la période de traitement** :

✓ **présente des fréquences de quantifications plus élevées pour 25 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (15 substances), avec un effet de la période principale de traitement des vignes :**

- **très probable** et :
 - **fort** pour 3 substances : folpel, fosétyl-aluminium et spiromaxime ;
 - **modéré** pour 4 substances : cymoxanil, fluopyrame, trifloxystrobine et zoxamide.
- **probable** et :
 - **faible** pour 8 substances : soufre, glyphosate, cyprodinil, métrafénone, cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanol et tébuconazole ;
 - **très faible** pour 10 substances : lambda-cyhalothrine, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, boscalid, étofenprox, métalaxyl, indoxacarbe, fenhexamide, tau-fluvalinate et cyperméthrine.

✓ **présente des fréquences de quantifications moins élevées et des 95^{ème} centiles moins élevés pour 2 substances, avec un effet de la période principale de traitement des vignes :**

- **probable** et :
 - **modéré** pour 2 substances : pendiméthaline et propyzamide.

✓ **n'a pas d'effet démontré pour 3 substances**, en lien avec une contamination de fond (cuivre) ou une contamination probablement expliquée/induite par une source autre que la vigne (chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène).

Tableau 32 : Effet de la période principale de traitement des vignes sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant en zones viticoles. PestiRiv, France, 2021-2022.

			Force de l'effet de la période	Critères			Nombre de substances concernées	Liste substances****						
				Différence FQ** (p%)	FQ_globale** (période hors traitement) (%)	Ratio P95***								
Plausibilité de l'effet de la période de traitement des vignes	Effet d'augmentation des concentrations	Très probable*	Fort	≥ 10	/	10 ≤ Ratio P95	3	fosétyl-aluminium folpel spiroxamine						
			Modéré	≥ 10	/	5 ≤ Ratio P95 < 10	4	cymoxanil fluopyram trifloxystrobine zoxamide						
		Probable	Faible	≥ 10	/	1 < Ratio P95 < 5	8	soufre glyphosate cyprodinil métrafénone cyazofamide difénoconazole pyriméthanil tébuconazole						
				< 10	0									
			Très faible	< 10	0	/ 	14	lambda-cyhalothrine krésoxim-méthyl deltaméthrine***** boscalid étofenprox métalaxyl-m indoxacarbe fenhexamide tau-fluvalinate cyperméthrine						
								Probable	Modéré	≤ -10	/ 	0,1 < Ratio P95 ≤ 0,2	2	pendiméthaline propyzamide

		Force de l'effet de la période	Critères			Nombre de substances concernées	Liste substances****
			Différence FQ** (p%)	FQ_globale** (période hors traitement) (%)	Ratio P95***		
	Non démontré		Contamination de fond de l'air (Quelle que soit la période : FQ = 100 % et distribution similaire)			1	cuivre
			Sources de contamination autres que la vigne			2	chlorpyriphos-méthyl quinoxifène

Légende :

*Pertinence des indicateurs spatialisés de niveau 2 pour expliquer la contamination en zones viticoles

** FQ_{globale} = fréquence de quantification ; Différence FQ (p%) = FQ_{globale} (période de traitement) - FQ_{globale} (période hors traitement)

*** P95 = 95^{ème} centile des concentrations ; Ratio P95 = P95 (période de traitement) / P95 (période hors traitement)

**** cyfluthrine non considérée car non recherchée en période hors traitement

***** FQ_{globale} (période hors traitement) = 1,4 %

Substance : pas d'usages PPP autorisés

7.2 Modèle de régression bayésien

Pour essayer d'aller plus loin, un modèle de régression bayésienne a ensuite été testé pour comparer les niveaux de contamination de l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement.

Bilan des substances avec FQ > 40 %

En considérant les deux populations réunies (échantillons en zones viticoles en période hors traitement et échantillons en zones viticoles en période de traitement), les 4 substances avec une fréquence de quantification supérieure à 40 % (cuivre [100 %], soufre [72 %], folpel [48 %] et fosétyl-aluminium [44 %]) sont testées dans les modèles.

Rappel du modèle de régression bayésien et sélection des variables

Le modèle de régression bayésien est réalisé avec :

- la concentration des substances dans l'air ambiant comme variable dépendante ;
- la période comme variable explicative d'intérêt ;
- le bassin viticole, comme variable d'ajustement retenue uniquement pour les substances pour lesquelles les sites ne sont pas appariés entre les deux périodes³⁹.

À cette liste de variables s'ajoutent :

- les variables « temporelle » et « site » qui sont forcées dans le modèle pour tenir compte du fait que les prélèvements se succèdent dans le temps sur un nombre limité de sites (données longitudinales) ;
- les variables qui permettent de tenir compte de l'effet de l'environnement viticole, introduites individuellement dans le modèle :
 - o la distance à la première parcelle viticole et les indicateurs spatialisés de niveau 1 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m, uniquement pour les substances pour lesquelles les sites ne sont pas appariés entre les deux périodes ;³⁹
 - o les indicateurs spatialisés de niveaux 2 et 3 selon 3 cercles de rayon 100 m, 500 m et 1000 m pour toutes les substances.
- les indicateurs météorologiques « vent fort », « cumul de pluie » et « nombre de jours de pluie » qui sont intégrés au modèle en interaction avec les indicateurs spatialisés de niveau 3 uniquement.

Ainsi, la matrice qui détaille les variables introduites dans les modèles testés pour les 4 substances est disponible en Annexe 58. Le tableau qui précise l'utilisation des indicateurs spatialisés en tant que variable continue ou variable catégorielle est également disponible en Annexe 58.

L'hypothèse classique que les concentrations suivent une loi log-normale est retenue suite à un contrôle visuel des distributions.

Résultats

Les conditions d'application des modèles testés ne sont jamais valides (convergence, résidus, etc.) (résultats non illustrés). Comme explicité au 5.2, ces résultats confirment que l'utilisation de modèles statistiques ne sont pas conclusifs pour l'air ambiant.

³⁹ Les sites sont appariés pour le cuivre et le soufre. Pour le fosétyl-aluminium et le folpel, les sites ne sont pas appariés, c'est pourquoi il convient d'ajuster sur le bassin viticole.

Conclusion

Les modèles de régression bayésienne ne permettent pas de conclure sur l'objectif de comparer les niveaux de contamination de l'air ambiant sur les sites localisés en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement.

7.3 Autres modèles

D'autres approches plus simples ne peuvent pas être utilisées car les conditions d'application ne sont pas respectées :

- pour l'ANOVA à 3 facteurs : non-respect de la normalité de la distribution ;
- pour le modèle multinomial ordinal : présence de colinéarité, problème de non convergence et problème de linéarité.

8 DISCUSSION

8.1 Ce que le protocole a permis de faire

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

- la recherche de 39 substances parmi 58 substances priorisées en zones viticoles (cf. Figure 1) ;
- la mesure en simultané sur 7 sites en zones viticoles en période hors traitement et sur 23 sites en période de traitement, dont 16 sites en zones viticoles et 7 sites en zones non viticoles ;
- la mise en œuvre d'un protocole harmonisé à l'échelle nationale, respectant les normes NF XPX 43058 et 43059 pour la gestion des prélèvements et des échantillons, et la validation des données d'analyse ;
- la gestion de l'ensemble des supports de piégeage et des échantillons par un seul laboratoire.

Au global, cette campagne de mesures a permis de collecter environ **60 000 données de contamination dans l'air ambiant entre octobre 2021 et septembre 2022** sur une sélection de **sites localisés en zones viticoles et en zones non viticoles éloignées de toutes cultures**.

À noter que l'effort en termes de moyens de matériel déployé est du même ordre que celui de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides dans l'air ambiant (50 sites, 75 substances recherchées, 112 000 données collectées).⁴⁰

8.2 Résultats principaux

Préambule : Le protocole de l'étude PestiRiv pour le volet air ambiant n'est pas dimensionné pour réaliser des modélisations statistiques. Les conclusions reposent sur l'ensemble des analyses descriptives.

8.2.1 Contamination de l'air ambiant

Le Tableau 33 synthétise les résultats de contamination de l'air ambiant tous sites confondus détaillés en partie 4 pour les sites en zones viticoles en période de traitement, les sites en zones non viticoles en période de traitement et les sites en zones viticoles en période hors traitement.

- En zones viticoles tous sites confondus sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 06/09/2022)

Sur 39 substances recherchées, 33 sont détectées, dont 30 quantifiées. 31 de ces substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

11 substances sont détectées à plus de 20 %, dont 5 substances (cuivre, soufre, glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium) au-delà de 50 %, parmi lesquelles 4 (cuivre, soufre, fosétyl-aluminium et folpel) sont quantifiées à plus de 50 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre, du fosétyl-aluminium, du folpel et du glyphosate sont respectivement de 478 ng/m³, 3,8 ng/m³, 2,8 ng/m³, 2,3 ng/m³ et 0,04 ng/m³.

⁴⁰ [Résultats de la campagne nationale exploratoire de mesure des résidus de pesticides dans l'air ambiant \(2018-2019\) | LCSQA](#)

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances (folpel, cuivre et fosétyl-aluminium) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 8 substances (spiroxamine, fluopyrame, zoxamide, pendiméthaline, trifloxytrobine, métrafénone, cyazofamide, glyphosate).

- En zones non viticoles tous sites confondus sur toute la période de traitement (28/02/2022 au 20/09/2022)

Sur 39 substances recherchées, 24 sont détectées, dont 9 quantifiées. 23 des substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et sur d'autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

6 substances (cuivre, soufre, glyphosate, fosétyl-aluminium, folpel et pendiméthaline) sont détectées à plus de 20 %, dont 3 substances (cuivre, soufre, glyphosate) au-delà de 50 %. 2 substances (cuivre, soufre) sont quantifiées à plus de 50 %, le fosétyl-aluminium étant quantifié au-delà de 40 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre et du glyphosate sont respectivement de 421 ng/m³, 3,4 ng/m³ et 0,03 ng/m³.

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 1 substance (cuivre) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances (folpel, fosétyl-aluminium et pendiméthaline).

- En zones viticoles tous sites confondus sur toute la période hors traitement (11/10/2021 au 22/02/2022)

Sur 38 substances recherchées, 12 sont détectées, dont 9 quantifiées. 11 substances détectées avaient des usages autorisés sur vignes et autres cultures en tant que PPP pendant la campagne de mesures.

5 substances sont détectées à plus de 20 % dont 34 substances (cuivre, soufre, pendiméthaline) au-delà de 50 %, parmi lesquelles 2 (cuivre et pendiméthaline) quantifiées à plus de 50 %.

Les concentrations moyennes du soufre, du cuivre et de la pendiméthaline sont respectivement de 259 ng/m³, 3,1 ng/m³ et 0,5 ng/m³.

Les 95^{ème} centiles sont supérieurs à 100 ng/m³ pour 1 substance (soufre), compris entre 1 et 10 ng/m³ pour 2 substances (cuivre et pendiméthaline) et compris entre 0,1 et 1 ng/m³ pour 3 substances (propyzamide, folpel, fosétyl-aluminium).

Tableau 33 : Contamination de l'air ambiant pour les sites en zones viticoles en période de traitement, les sites en zones non viticoles en période de traitement et les sites en zones viticoles en période hors 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 de sites	16	7	7
Période de mesure	28/02/2022 au 06/09/2022	28/02/2022 au 20/09/2022	11/10/2021 au 22/02/2022
Nombre d'échantillons	P1 : 403 P3 : 188 P4 : 186	P1 : 192 P3 : 191 P4 : 189	P1 : 70 P3 : 69 P4 : 69
FD > 0 %	33 substances	24 substances	12 substances
FQ > 0 %	30 substances	9 substances	9 substances
FD > 40 %	cuivre, soufre, glyphosate, folpel, fosétyl-aluminium, pendiméthaline	cuivre, soufre, glyphosate, fosétyl-aluminium, folpel, pendiméthaline	cuivre, soufre, pendiméthaline, propyzamide
FQ > 40 %	cuivre, soufre, folpel, fosétyl-aluminium	cuivre, soufre, folpel, fosétyl-aluminium	cuivre, pendiméthaline
P95 > 100 ng/m³	soufre	soufre	soufre
1 ng/m³ < P95 < 10 ng/m³	folpel, cuivre et fosétyl-aluminium	cuivre	cuivre, pendiméthaline
0,1 ng/m³ < P95 < 1 ng/m³	spiroxamine, fluopyrame, zoxamide, pendiméthaline, trifloxystrobine, métrafénone, cyazofamide, glyphosate	folpel, fosétyl-aluminium, pendiméthaline	propyzamide, folpel, fosétyl-aluminium

FD = fréquence de détection

FQ = fréquence de quantification

P95 = 95^{ème} centile des concentrations

8.2.2 Comparaison de la contamination de l'air ambiant en période de traitement selon la zone (viticole ou non)

La comparaison de la contamination de l'air ambiant en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles est détaillée en partie 5.1. Elle repose sur un ensemble de critères définis *a priori* (Tableau 24) pour évaluer la plausibilité et la force de l'effet de la zone viticole sur les niveaux de contaminations de l'air ambiant des substances recherchées.

En conclusion (cf. Tableau 34), d'après les analyses descriptives des 29 substances quantifiées au moins une fois en période de traitement quelle que soit la zone, **la zone viticole** :

✓ **présente des fréquences de quantifications plus élevées pour 24 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (14 substances), avec un effet de la zone viticole :**

- **très probable** et :
 - **fort** pour 3 substances : folpel, cymoxanil et spiroxamine ;
 - **modéré** pour 4 substances : fosétyl-aluminium, fluopyrame, trifloxystrobine et zoxamide ;

- **probable** et :
 - **faible** pour 7 substances : cyprodinil, métrafénone, cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanil, propyzamide et tébuconazole ;
 - **très faible** pour 10 substances : lambda-cyhalothrine, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, boscalid, étofenprox, métalaxyl, indoxacarbe, fenhexamide, tau-fluvalinate et cyperméthrine.

✓ **n'a pas d'effet démontré pour 5 substances**, en lien avec une contamination de fond (cuivre, soufre) ou une contamination probablement expliquée/induite par une source autre que la vigne (glyphosate, pendiméthaline, chlorpyrifos-méthyl, quinoxifène).

8.2.3 Identification des facteurs associés aux contaminations de l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement

Comme détaillé au 6.1, **les indicateurs spatialisés de niveau 2** (quantités de substance active probablement utilisées dans 3 cercles de rayon 0-100 m, 0-500 m et 0-1000 m autour des préleveurs de chaque site) **semblent être les plus pertinents pour expliquer les niveaux de contamination observés dans l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement (hors cuivre et soufre)**. Les indicateurs comme la part de surface de vignes conduites en agriculture biologique, la part d'exploitations conduites en agriculture biologique, la densité des autres cultures consommables de PPP, la densité des grandes cultures permettent d'apporter des explications partielles pour quelques sites.

8.2.4 Comparaison de la contamination de l'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement des vignes ou hors traitement)

La comparaison de la contamination de l'air ambiant en zones viticoles en période de traitement et en période hors traitement est détaillée en partie 7.1. Elle repose sur un ensemble de critères définis *a priori* (Tableau 31) 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 34), d'après les analyses descriptives des 30 substances quantifiées au moins une fois en zones viticoles quelle que soit la période, **la période de traitement** :

✓ **présente des fréquences de quantifications plus élevées pour 25 substances et des 95^{ème} centiles de concentrations plus élevés lorsqu'ils sont disponibles (15 substances), avec un effet de la période principale de traitement des vignes :**

- **très probable** et :
 - **fort** pour 3 substances : folpel, fosétyl-aluminium et spiroxamine ;
 - **modéré** pour 4 substances : cymoxanil, fluopyrame, trifloxystrobine et zoxamide.
- **probable** et :
 - **faible** pour 8 substances : soufre, glyphosate, cyprodinil, métrafénone, cyazofamide, difénoconazole, pyriméthanil et tébuconazole ;
 - **très faible** pour 10 substances : lambda-cyhalothrine, krésoxym-méthyl, deltaméthrine, boscalid, étofenprox, métalaxyl, indoxacarbe, fenhexamide, tau-fluvalinate et cyperméthrine.

✓ **présente des fréquences de quantifications moins élevées et des 95^{ème} centiles moins élevés pour 2 substances, avec un effet de la période principale de traitement des vignes :**

- **probable** et :
 - **modéré** pour 2 substances : pendiméthaline et propyzamide.

✓ **n'a pas d'effet démontré pour 3 substances**, en lien avec une contamination de fond (cuivre) ou une contamination probablement expliquée/induite par une source autre que la vigne (chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène).

8.2.5 Synthèse générale

Le Tableau 34 présente une synthèse générale des résultats de l'étude PestiRiv obtenus à partir des analyses descriptives des 39 substances recherchées dans l'air ambiant.

La zone viticole et la période principale de traitement des vignes présentent des quantifications plus élevées et parfois des 95^{ème} centiles plus élevés, avec des effets :

- très probables et forts à modérés pour 7 substances (folpel, spiromamine, cymoxanil, fosétyl-aluminium, fluopyrame, trifloxystrobine, zoxamide) ;
- probables et faibles pour 6 substances (cyprodinil, métrafénone, cyazofamide, difénoconazole, tébuconazole, pyriméthanol) ;
- probables et très faibles pour 10 substances (lambda-cyhalothrine, krésoxim-méthyl, deltaméthrine, boscalid, étofenprox, métalaxyl-m, indoxacarbe, fenhexamide, tau-fluvalinate, cyperméthrine) ;
- non démontrés pour 3 substances (cuivre, chlorpyrifos-méthyl, quinoxyfène), dont 2 qui n'avaient plus d'usages PPP autorisés au moment de la campagne de mesures. Contrairement aux autres substances pas ou très peu quantifiées, le cuivre est un cas particulier puisqu'il est omniprésent dans l'air ambiant, indépendamment de l'environnement viticole qui reste une source d'émission a priori minoritaire. L'Annexe 43 rappelle les sources principales de contamination de l'environnement et les niveaux de contamination connus dans l'air ambiant pour le cuivre.

La période de traitement présente des quantifications plus élevées et des 95^{ème} centiles plus élevés en soufre et glyphosate, avec un effet probable et faible, **mais sans effet démontré de la zone viticole** :

- pour le glyphosate, il semble s'agir d'une contamination de fond de l'air ambiant (niveaux équivalents en période de traitement quelle que soit la zone) dont les niveaux de contamination sont modulés par un effet saison (niveaux plus élevés en zones viticoles en période de traitement qu'en période hors traitement) ;
- pour le soufre, omniprésent dans l'air et dont les sources d'émission sont multiples, ce résultat semble indiquer un effet saison indépendant de l'environnement viticole, avec des contaminations plus élevées en automne-hiver.

La période de traitement présente des quantifications moins élevées et des 95^{ème} centiles moins élevés en propyzamide et pendiméthaline, avec un effet probable et modéré :

- pour le propyzamide, ce résultat semble cohérent pour cette substance herbicide principalement utilisée sur vignes entre décembre et février⁴¹. À noter que **l'effet de la zone viticole est probable et faible** ;
- pour la pendiméthaline, ce résultat semble mettre en évidence une contamination moyenne/longue distance associée à une utilisation sur grandes cultures en automne-hiver, car la pendiméthaline n'est pas utilisée sur vignes à cette période de l'année. À noter que **l'effet de la zone viticole est non démontré**.

Pour les 9 substances restantes (mépanipyrime, napropamide, myclobutanil, carbétamide, iprovalicarbe, oryzalin, thiaméthoxame, triadiménol et cyfluthrine), les effets de la zone en période de traitement et de la période en zone viticoles ne sont pas étudiés (absence de quantification).

⁴¹ À noter que cette substance est utilisée en grandes cultures principalement sur colza fin août et début septembre.

Tableau 34 : Plausibilité et force des effets de la zone viticole et de la période principale de traitement des vignes sur la contamination de l'air ambiant. PestiRiv, France, 2021-2022.

Liste substances	N° CAS	Plausibilité et force de l'effet d'augmentation des concentrations en zones viticoles	Plausibilité et force de l'effet d'augmentation des concentrations en période principale de traitement des vignes
folpel	133-07-3	Très probable / Fort	Très probable / Fort
spiroxamine	118134-30-8	Très probable / Fort	Très probable / Fort
cymoxanil	57966-95-7	Très probable / Fort	Très probable / Modéré
fosétyl-aluminium	15845-66-6	Très probable / Modéré	Très probable / Fort
fluopyrame	658066-35-4	Très probable / Modéré	Très probable / Modéré
trifloxystrobine	141517-21-7	Très probable / Modéré	Très probable / Modéré
zoxamide	156052-68-5	Très probable / Modéré	Très probable / Modéré
cyprodinil	121552-61-2	Probable / Faible	Probable / Faible
métrafénone	220899-03-6	Probable / Faible	Probable / Faible
cyazofamide	120116-88-3	Probable / Faible	Probable / Faible
difénoconazole	119446-68-3	Probable / Faible	Probable / Faible
tébuconazole	107534-96-3	Probable / Faible	Probable / Faible
pyriméthanil	53112-28-0	Probable / Faible	Probable / Faible
lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Probable / Très faible	Probable / Très faible
krésoxim-méthyl	143390-89-0	Probable / Très faible	Probable / Très faible
deltaméthrine	52918-63-5	Probable / Très faible	Probable / Très faible
boscalid	188425-85-6	Probable / Très faible	Probable / Très faible
étofenprox	80844-07-1	Probable / Très faible	Probable / Très faible
métalaxyl-m	70630-17-0	Probable / Très faible	Probable / Très faible
indoxacarbe	173584-44-6	Probable / Très faible	Probable / Très faible
fenhexamide	126833-17-8	Probable / Très faible	Probable / Très faible
tau-fluvalinate	102851-06-9	Probable / Très faible	Probable / Très faible
cyperméthrine	52315-07-8	Probable / Très faible	Probable / Très faible
soufre	7704-34-9	Non démontré	Probable / Faible
glyphosate	1071-83-6	Non démontré	Probable / Faible
propyzamide	23950-58-5	Probable / Faible	Effet de diminution des concentrations Probable / Modéré
pendiméthaline	40487-42-1	Non démontré	Effet de diminution des concentrations Probable / Modéré
cuivre	7440-50-8	Non démontré	Non démontré
chlorpyrifos-méthyl	5598-13-0	Non démontré	Non démontré
quinoxifène	124495-18-7	Non démontré	Non démontré
mépanipyrin	110235-47-7	NQ*	NQ**
napropamide	15299-99-7	NQ*	NQ**
myclobutanil	88671-89-0	NQ*	NQ**
carbétamide	16118-49-3	NQ*	NQ**
iprovalicarbe	140923-17-7	NQ*	NQ**
oryzalin	19044-88-3	NQ*	NQ**
thiaméthoxame	153719-23-4	NQ*	NQ**
triadiménol	55219-65-3	NQ*	NQ**
cyfluthrine	68359-37-5	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

Substance : pas d'usages PPP autorisés

8.3 Mise en perspective avec la littérature

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

8.3.1 Revue bibliographique

La revue bibliographique réalisée par R. Teyssie *et al.* en 2020⁴² 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 limité⁴³. 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 donc cohérentes malgré le fait que les études aient été conduites dans différents pays et selon différents types de prélèvements environnementaux et biologiques.

Ainsi, les résultats du volet air ambiant de PestiRiv illustrent sur la viticulture les relations observées entre utilisation de PPP et contamination de l'air ambiant à proximité des vignes. Elles viennent, en complément des résultats de PestiRiv dans les autres matrices, confirmer les résultats disponibles dans la littérature.

8.3.2 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^{44,45,46,47}. 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) ;

⁴² Teyssie 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>

⁴³ Cette revue n'intègre pas d'études sur le volet air ambiant.

⁴⁴ 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., Weneker, M., Van de Zande, J.C., Sauer, P.J.J., 2019. Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands OBO flower bulbs.

⁴⁵ 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, Weneker 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. [Pesticide Exposure of Residents Living Close to Agricultural Fields in the Netherlands: Protocol for an Observational Study - PubMed](https://doi.org/10.2196/27883)

⁴⁶ 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>

⁴⁷ 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>

- 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 1000 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 5000 m d'une parcelle de vignes et à plus de 1000 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 ambiant (39 versus 5, avec une seule substance en commun, le tébuconazole) ;
- protocole de collecte des échantillons d'air ambiant :
 - o en période de traitement : prélèvements hebdomadaires sur toute la période versus prélèvements journaliers pendant 7 jours consécutifs ;
 - o en période hors traitement : prélèvements hebdomadaires une semaine sur 2 versus prélèvements journaliers pendant 2 jours consécutifs ;
 - o supports de prélèvement : filtre et/ou mousse PUF versus filtre + résine ;
 - o débit de prélèvement : 1 m³/h (soit 1000 L/h soit 17 L/min) versus 60 L/min).

Les conclusions générales de l'étude sont les suivantes :

- les concentrations environnementales (notamment dans l'air ambiant) sont plus élevées en zones riveraines qu'en zones « contrôle », 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 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.

Ainsi, bien que les protocoles des études PestiRiv et OBO diffèrent en plusieurs points, les conclusions se rejoignent et mettent en évidence une contamination de l'environnement plus élevée à proximité des cultures qu'éloignée de toute culture.

8.3.3 Comparaison avec les données françaises

Les données de contamination des pesticides dans l'air ambiant de PestiRiv pourraient être comparées avec :

- les résultats de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides (CNEP) dans l'air ambiant réalisée entre juin 2018 et juin 2019 sur 50 sites couvrant des situations variées et répartis sur l'ensemble du territoire national (Métropole et DROM) (75 substances recherchées)⁴⁸ ;
- les données issues de la première année de surveillance pérenne des pesticides dans l'air ambiant réalisée entre juillet 2021 et juillet 2022 sur 18 sites (dont 14 communs avec la

⁴⁸ [Résultats de la campagne nationale exploratoire de mesure des résidus de pesticides dans l'air ambiant \(2018-2019\) | LCSQA](#). Contrairement à PestiRiv, l'objectif de la CNEP est de renseigner la contamination de fond de l'air ambiant. À noter que sur les 50 sites instrumentés, 9 ont comme profil agricole principal la viticulture. Ces 9 sites sont situés entre 80 m et 1836 m d'une première parcelle de vignes.

CNEP) couvrant des situations variées et répartis sur l'ensemble du territoire national (Métropole et DROM) (75 substances recherchées – identiques à la CNEP)⁴⁹ ;

- les données régionales de mesures dans l'air ambiant réalisées depuis 2002 par les AASQA et bancarisées dans la base Phyt'Atmo⁵⁰ ;
- tout ou partie des données de contamination dans l'air ambiant en France et à l'international disponibles dans la littérature.

8.3.3.1 Bilan général

Parmi les 39 substances recherchées dans PestiRiv :

- des données issues de la CNEP et de la surveillance pérenne sont disponibles pour 21 substances : pendiméthaline, propyzamide, folpel, glyphosate, chlorpyrifos-méthyl, deltaméthrine, boscalid, carbétamide, cyperméthrine, cyprodinil, difénoconazole, étofenprox, fluopyrame, lambda-cyhalothrine, myclobutanil, oryzalin, pyriméthanil, spiroxamine, tébuconazole, triadiménol, trifloxystrobine ;
- des données supplémentaires sont disponibles dans la base Phyt'Atmo pour 15 substances : cyazofamide, cyfluthrine, cymoxanil, fenhexamide, indoxacarbe, iprovalicarbe, krésoxim-méthyl, mépanipyrime, métalaxyl, métrafénone, napropamide, quinoxifène, tau-fluvalinate, thiaméthoxame, zoxamide ;
- des données sont disponibles pour le cuivre, en dehors du suivi régional ou national des pesticides dans l'air ambiant (cf. Annexe 43) ;
- grâce à PestiRiv, des données semblent disponibles pour la première fois en France pour 2 substances : fosétyl-aluminium et soufre.

8.3.3.2 Comparaison entre PestiRiv et la surveillance pérenne

Bien que l'objectif de la surveillance pérenne soit de caractériser une contamination de fond de l'air ambiant, une première comparaison a été menée avec les données de la surveillance pérenne pour les 21 substances en commun.

Les données de contamination en zones viticoles de PestiRiv ont été comparées avec les données collectées sur 4 sites de la surveillance pérenne dont le profil agricole principal est la viticulture (sans contrainte d'absence d'autres cultures ; sites positionnés entre 300 m et 5000 m d'une première parcelle de vignes) :

- les données de la période hors traitement (du 11/10/2021 au 22/02/2022) de PestiRiv ont été comparées avec les données de la surveillance pérenne collectées entre le 11/10/2021 et le 15/02/2022.
- les données de la période de traitement (du 28/02/2022 au 06/09/2022) de PestiRiv ont été comparées avec les données de la surveillance pérenne collectées entre le 07/03/2022 et le 19/07/2022.

À noter que les méthodes de prélèvement et d'analyse sont identiques dans les deux campagnes de mesures. Les limites de détection et de quantification sont également similaires pour les deux campagnes de mesures, sauf pour le glyphosate et le myclobutanil (limites plus élevées pour PestiRiv). Pour réaliser cette comparaison, le scénario de gestion des données censurés à gauche (2.4.1) a été appliqué aux données de la surveillance pérenne.

Le Tableau 35 synthétise les résultats obtenus pour la période de traitement :

- il y a environ 10 fois plus d'échantillons considérés pour PestiRiv que pour la surveillance pérenne (16 sites versus 4 sites pour les molécules semi-volatiles ; 4 sites versus 1 site pour le glyphosate ; stratégie d'échantillonnage temporelle différente) ;

⁴⁹ [Pesticides dans l'air ambiant : bilan de la première année du suivi national | Ineris](#)

⁵⁰ [PhytAtmo | Atmo France](#)

- pour les 21 substances en commun, les fréquences de quantification sont du même ordre de grandeur :
 - parmi les 7 substances avec une fréquence de quantification supérieure à 10 % pour au moins une des deux campagnes, elle est toutefois :
 - plus élevée pour le folpel, le glyphosate et la trifloxystrobine dans le cadre de PestiRiv ;
 - plus élevée pour la pendiméthaline, le fluopyrame, la spiroxamine et le cyprodinil dans le cadre de la surveillance pérenne ;
 - les 14 autres substances ont une fréquence de quantification inférieure à 5 % quelle que soit la campagne ;
- la concentration moyenne du folpel est deux fois plus élevée pour PestiRiv (les autres concentrations moyennes ne sont pas exploitées car trop dépendantes du scénario de gestion des données censurées à gauche) ;
- les **concentrations maximales sont systématiquement plus élevées pour PestiRiv** avec des niveaux jusqu'à 120 fois plus élevés, sauf pour la pendiméthaline pour laquelle la concentration maximale est deux fois plus élevée pour la surveillance pérenne.

Tableau 35 : Comparaison des données de contamination dans l'air ambiant de PestiRiv (zones viticoles en période de traitement) avec la surveillance pérenne (4 sites « viticulture » entre le 07/03/2022 et le 19/07/2022. PestiRiv, France, 2021-2022.

Étiquettes de lignes	Surveillance pérenne - 4 sites "Viticulture" entre le 07/03/2022 et le 19/07/2022				PestiRiv - Zones viticoles en période de traitement			
	Nombre d'échantillons	Fréquence de quantification (%)	C _{moy} (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)	Nombre d'échantillons	Fréquence de quantification (%)	C _{moy} (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
folpel	46	43	1,14	6,86	403	55	2,29	101,43
glyphosate	17	18	0,001	0,002	186	36	0,04	0,28
pendiméthaline	46	37	0,15	1,85	403	29	0,07	0,89
fluopyrame	46	24	0,11	0,44	403	15	0,12	1,90
spiroxamine	46	26	0,16	2,16	403	12	0,19	6,61
trifloxystrobine	46	9	0,06	0,20	403	12	0,07	1,24
cyprodinil	46	11	0,05	0,84	403	6	0,04	3,12
difénoconazole	46	4	0,05	0,14	403	4	0,07	4,38
pyriméthanil	46	0	0,02	0,03	403	3	0,03	0,96
lambda-cyhalothrine	46	0	0,02	0,03	403	3	0,02	0,54
propyzamide	46	4	0,03	0,11	403	2	0,02	0,11
tébuconazole	46	4	0,06	0,38	403	2	0,05	0,55
boscalid	46	0	0,04	0,07	403	2	0,05	0,34
deltaméthrine	46	0	0,04	0,06	403	2	0,04	0,52
chlorpyrifos-méthyl	46	2	0,04	0,18	403	1	0,04	1,02
étofenprox	46	0	0,02	0,04	403	1	0,02	0,45
cyperméthrine	46	0	0,07	0,09	403	0	0,07	0,33
carbétamide	46	0	0,04	0,05	403	0	0,05	0,06
myclobutanil	46	0	0,02	0,02	403	0	0,04	0,05
oryzalin	46	0	0,04	0,05	403	0	0,05	0,06
triadiménol	46	0	0,04	0,05	403	0	0,05	0,06

Le Tableau 36 synthétise les résultats obtenus pour la période hors traitement :

- il y a environ 3 à 8 fois plus d'échantillons considérés pour PestiRiv que pour la surveillance pérenne (7 sites versus 4 sites pour les substances semi-volatiles ; 7 sites versus 1 site pour le glyphosate ; stratégie d'échantillonnage temporelle différente) ;
- pour les 21 substances en commun :
 - o la fréquence de quantification est du même ordre de grandeur (autour de 50 %) pour la pendiméthaline, avec une concentration moyenne 5 fois plus élevée pour PestiRiv ;
 - o la fréquence de quantification est plus élevée pour le propyzamide pour PestiRiv, avec une concentration moyenne 10 fois plus élevée pour PestiRiv ;
 - o le folpel, le glyphosate et la deltaméthrine ont été quantifiés dans le cadre de PestiRiv uniquement, avec des fréquences de quantification inférieures à 10 % ;
 - o les 16 autres substances ont une fréquence de quantification inférieure à 5 % ou nulle quelle que soit la campagne.

Tableau 36 : Comparaison des données de contamination dans l'air ambiant de PestiRiv (zones viticoles en période hors traitement) avec la surveillance pérenne (4 sites « viticulture » entre le 11/10/2021 et le 15/02/2022. PestiRiv, France, 2021-2022.

Étiquettes de lignes	Surveillance pérenne - 4 sites "Viticulture" entre le 11/10/2021 et 15/02/2022				PestiRiv - Zones viticoles en période hors traitement			
	Nombre d'échantillons	Fréquence de quantification (%)	C _{moy} (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)	Nombre d'échantillons	Fréquence de quantification (%)	C _{moy} (ng/m ³)	C _{max} (ng/m ³)
pendiméthaline	28	50	0,18	0,83	70	60	0,47	3,74
propyzamide	28	7	0,027	0,130	70	30	0,09	1,07
folpel	28	0	0,10	0,20	70	7	0,07	0,40
glyphosate	9	0	0,00	0,00	69	6	0,02	0,08
chlorpyrifos-méthyl	28	4	0,05	0,32	70	1	0,04	0,15
deltaméthrine	28	0	0,04	0,04	70	1	0,04	0,20
boscalid	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
carbétamide	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
cyperméthrine	28	0	0,06	0,11	70	0	0,07	0,08
cyprodinil	28	0	0,02	0,02	70	0	0,02	0,02
difénoconazole	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
étofenprox	28	0	0,02	0,02	70	0	0,02	0,03
fluopyrame	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
lambda-cyhalothrine	28	0	0,02	0,03	70	0	0,02	0,02
myclobutanil	28	0	0,02	0,02	70	0	0,04	0,04
oryzalin	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
pyriméthanil	28	0	0,02	0,02	70	0	0,02	0,02
spiroxamine	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
tébuconazole	28	0	0,04	0,05	70	0	0,05	0,07
triadiménol	28	0	0,04	0,05	70	0	0,04	0,05
trifloxystrobine	28	0	0,04	0,04	70	0	0,04	0,04

Au global, la contamination est donc plus élevée dans le cadre de l'étude PestiRiv que dans le cadre de la surveillance pérenne, ce qui est cohérent puisque la stratégie d'échantillonnage spatiale diffère selon les deux campagnes de mesures. En effet, les sites étiquetés « viticulture » pour la surveillance pérenne ne respectent pas les critères stricts retenus pour la sélection des sites viticoles de PestiRiv, comme celui qui concerne l'absence d'autres cultures. Aussi, les préleveurs pour l'étude PestiRiv sont positionnés à proximité des vignes (à moins de 80 m d'une première parcelle de vignes) tandis que ceux de la surveillance pérenne sont entre 300 m et 5000 m de la première parcelle. À noter que la stratégie d'échantillonnage temporelle ainsi que la couverture temporelle diffèrent également légèrement entre les deux études.

8.3.4 Perspectives

Une comparaison plus fine avec les données françaises (données issues de la CNEP, des campagnes régionales des AASQA et de la surveillance pérenne) ainsi qu'avec les autres données de la littérature⁵¹ étudiant le même objectif pourra être réalisée ultérieurement.

8.4 Limites et incertitudes

Afin de pouvoir interpréter les conclusions du volet air ambiant 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 ambiant, est complémentaire de la partie 9 du Tome 0 qui présente les limites et incertitudes de l'étude PestiRiv.

8.4.1 Limites

8.4.1.1 Limites liées à l'échantillonnage

- *Période d'étude :*

Le suivi de la contamination de l'air ambiant tout au long 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.). Toutefois, la campagne de mesures s'est déroulée sur une seule année, entre octobre 2021 et septembre 2022, et n'illustre donc pas les variations inter-annuelles.

De plus, comme détaillé au 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 ambiant dépendant des conditions climatiques, des pressions parasitaires et des pratiques agricoles, sont donc spécifiques à la période d'étude.

- *Échantillonnage temporel*

En période hors traitement, les prélèvements d'air ambiant ont été réalisés une semaine sur deux sur chacun des sites. Il convient donc de souligner l'absence de continuité dans la couverture temporelle des mesures, sans que cela ne soit un frein à l'estimation de concentrations moyennes sur cette période.

⁵¹ Par exemple en France : Martin, S.; Dévier, M.-H.; Cruz, J.; Duporté, G.; Barron, E.; Gaillard, J.; Le Menach, K.; Pardon, P.; Augagneur, S.; Flaud, P.-M.; et al. Passive Sampling as a Tool to Assess Atmospheric Pesticide Contamination Related to Vineyard Land Use. *Atmosphere* 2022, 13, 504. <https://doi.org/10.3390/atmos13040504>

- *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).

Bien que la méthode de sélection des 16 sites en zones viticoles retenue ait eu pour objectif d'illustrer la diversité des bassins viticoles français, elle ne vise toutefois pas à en être représentative.

Malgré le caractère exceptionnel de l'ampleur de cette campagne, l'effectif total de 23 sites (51 préleveurs déployés en parallèle) reste contraint par les aspects budgétaires et logistiques, au regard du nombre de préleveurs qu'aurait nécessité une modélisation statistique des observations.

8.4.1.2 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, 7 substances actives sur les 58 priorisées (bêta-cyfluthine, carbétamide, chlorpyrifos-méthyl, quinoxifène, mancozèbe, thiaméthoxame, triadiménol) ne sont plus autorisées en viticulture (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. 3.3.6 et 0).

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).

D'autre part, parmi les 58 substances priorisées, la liste finale des substances analysées dans l'air ambiant repose à la fois sur les méthodes de prélèvement et d'analyses existantes et sur le choix du laboratoire retenu (cf. Annexe 8 du Tome 0 et Figure 1). Ainsi, pour l'air ambiant, 39 substances ont pu être analysées parmi les 58 substances de la liste prioritaire.

8.4.1.3 Limite liée à l'absence de modélisations statistiques

L'interprétation des résultats est réalisée à partir des analyses descriptives. Faute d'avoir pu réaliser des modélisations statistiques (effectif de sites limité, imposé par les contraintes logistiques et financières), la contribution relative de chaque facteur (zone, période, indicateurs spatialisés, etc.) n'a pas pu être quantifiée de manière indépendante.

8.4.2 Incertitudes

8.4.2.1 Incertitudes liées aux modalités de prélèvement

Les échantillons d'air ambiant sont collectés et manipulés à la fois par les opérateurs de terrain et 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 bon fonctionnement du matériel de prélèvement (utilisation du matériel adéquat, panne de matériel, coupure électrique, vérification du débit) ;
- la réalisation et le contrôle des blancs de terrain ;
- le respect des consignes pour la préparation des cartouches, le conditionnement des échantillons et le transport des échantillons (température et délai) ;
- la qualité de la collecte des métadonnées associées au prélèvement.

La qualité des échantillons d'air ambiant à l'étape de prélèvement a été vérifiée selon les critères de validation présentés à l'Annexe 8 du Tome 0. Le bilan est détaillé en partie 4 et permet de distinguer les échantillons exploitables conformes (codés A), les échantillons exploitables dits « atypiques » (codés W) et les échantillons invalides.

D'autre part, comme détaillé au 2.3.3, l'efficacité de piégeage est conforme si elle est comprise entre 60 et 120 % pour des niveaux de concentration de 1 et 10 ng/m³ d'après la norme NF XPX 43-058. Parmi les 39 substances analysées, l'efficacité de piégeage est « non conforme » aux niveaux de concentration de 1 et 10 ng/m³ pour 3 substances (sous-estimation pour le napropamide et la spiroxamine ; surestimation pour le difénoconazole). Les données restent tout de même intéressantes et sont donc exploitées.^{52,53}

À noter que la norme n'autorise pas la correction des résultats d'analyse par l'efficacité de piégeage : les résultats de contamination ne sont donc pas corrigés par le rendement d'efficacité de piégeage.

Enfin, en accord avec les recommandations formulées par l'Anses pour la mise en œuvre d'une surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant⁵⁴, le prélèvement des substances semi-volatiles consiste à utiliser :

- deux supports de prélèvement séparés et placés en série (filtre et mousse PUF) permettant d'analyser conjointement les fractions gazeuse et particulaire des molécules dans l'air ambiant ;
- une tête de prélèvement PM₁₀.

En cas d'évaluation de l'exposition par voie inhalée ou par contact cutanéomuqueux, ces choix métrologiques devront être pris en considération puisqu'il y a un manque d'informations sur la distribution de chaque substance selon les phases gazeuse ou particulaire et également selon la granulométrie des particules, compte tenu de liens entre la taille des particules et le potentiel de pénétration dans le système respiratoire, et entre la fraction particulaire la plus pertinente à considérer selon la voie d'exposition.

8.4.2.2 Incertitudes liées aux méthodes analytiques

Les méthodes d'analyse proposées par le laboratoire ont été expertisées par le LCSQA/Ineris au moment de la sélection du laboratoire. La qualité des échantillons d'air ambiant 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 4 et permet de distinguer les échantillons exploitables conformes (codés A), les échantillons exploitables dits « atypiques » (codés W) et les échantillons invalides.

Toutefois, quel que soit le laboratoire, 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 ambiant, cela ne signifie pas nécessairement qu'elle en est absente.

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

⁵² Le même raisonnement a été appliqué dans le cadre de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides dans l'air ambiant.

⁵³ Il est à noter toutefois que pour le propyzamide, l'efficacité de piégeage observée pour le niveau à 1 ng/m³ est non conforme. Les niveaux de contamination observés pour le propyzamide étant inférieurs à 1 ng/m³, les résultats pour cette substance sont a priori très sous-estimés (d'environ 90 %) et à interpréter avec vigilance.

⁵⁴ [AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à la proposition de modalités pour une surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant](#)

surestimation ou une sous-estimation des niveaux de contamination dans l'air ambiant (cf. 6.2.1 du Tome 0) ;

- le fait que les concentrations mesurées ne sont pas corrigées par le rendement d'extraction ;
- la qualité de la collecte des métadonnées associées à l'analyse.

8.4.2.3 Incertitudes liées aux facteurs explicatifs de la contamination de l'air ambiant

Outre des mesures, les conclusions dépendent également de la disponibilité des informations permettant de décrire les facteurs explicatifs de la contamination de l'air ambiant liés à la présence de vignes (localisation des parcelles, traitements des vignes, conduite de vignes, données météorologiques, etc.).

Les incertitudes relatives aux facteurs de contamination de l'air ambiant sont liées :

- à la précision des données fournies par différents partenaires pour caractériser les sites de prélèvement d'air ambiant. Lorsqu'une même information est disponible *via* deux sources de données, seule la source semblant être la plus fiable est conservée (données météorologiques, distance à la première parcelle, densité de vignes dans un rayon de 1 km) ;
- à **l'absence d'informations concernant la réalisation effective de traitements sur les parcelles localisées autour des préleveurs 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.

8.4.2.4 Incertitudes liées aux choix méthodologiques pour réaliser les analyses descriptives

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.

8.4.3 Synthèse

Les paragraphes précédents permettent d'avoir une vision globale des limites et incertitudes associées au volet air ambiant 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, en premier lieu l'absence de données sur les calendriers de traitement. Quoi qu'il en soit, l'objectif principal de l'étude PestiRiv est de décrire si l'air ambiant en zones viticoles est plus contaminé qu'en zones non viticoles et s'il est plus contaminé en période de traitement des vignes qu'en période hors traitement, analyses qu'il est possible de mener avec les mesures réalisées, selon une méthode identique selon la zone et la période.

8.5 Perspectives

Ce rapport constitue une première exploitation des données du volet air ambiant pour répondre aux objectifs de l'étude PestiRiv. Les résultats permettent d'ores et déjà d'identifier des actions à mettre en œuvre.

Considérant les limites et incertitudes décrites ci-dessus, les données et analyses ont permis de répondre aux objectifs du volet air ambiant de PestiRiv suivants :

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

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

- mettre en perspective les niveaux de concentration observés avec d'autres informations, telles que les caractéristiques physico-chimiques des molécules ou les doses à l'hectare ;
- poursuivre les exploitations des indicateurs spatialisés de niveau 1 pour les autres substances que le folpel et le fosétyl-aluminium ;
- exploiter plus finement les indicateurs spatialisés de niveau 3, notamment pour conclure sur la plus-value de ces indicateurs par rapport au niveau 2.

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

D'autre part, l'effet de la distance sur les niveaux de contamination dans l'air ambiant n'a pas pu être étudié en raison des critères retenus pour la sélection des sites d'implantation des préleveurs. En effet, tous les préleveurs sont localisés dans une gamme de distance limitée, entre 15 m et 86 m d'une première parcelle de vignes. Une étude expérimentale avec un protocole spécifique adapté pourrait être proposée pour répondre à cette question pour le volet air ambiant.^{55,56}

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

Les données collectées dans le cadre de PestiRiv pourraient également être utilisées dans des modèles de dispersion atmosphérique pour mieux appréhender le comportement des pesticides dans l'air ambiant et analyser l'impact des conditions météorologiques.

Une première interprétation sanitaire des résultats pourrait également être réalisée, sur le modèle du travail réalisé à la suite de la CNEP⁵⁷.

Il serait pertinent, dans le cadre de futurs travaux, d'évaluer l'intérêt d'analyser les substances priorisées dans le cadre de PestiRiv mais qui n'ont pas pu être recherchées dans l'air ambiant.

⁵⁵ Exemple du protocole proposé dans le cadre de l'étude PROPULPPP : [PROPULPPP - ISSeP](#)

⁵⁶ En complément de l'effet distance, des études visent à identifier des moyens pour réduire l'exposition des riverains. Par exemple : [CAPRIV | ARVALIS](#)

⁵⁷ [RAPPORT AST de l'Anses relatif aux premières interprétations des résultats de la Campagne Nationale Exploratoire des Pesticides \(CNEP\) dans l'air ambiant](#)

9 LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Compositions des groupes d'experts mobilisés par l'Anses dans le cadre du volet air ambiant
- Annexe 2 : Fonctions, statuts réglementaires européens et usages en France des substances d'intérêt pour l'air ambiant
- Annexe 3 : Caractéristiques générales des sites de prélèvement d'air ambiant
- Annexe 4 : Description des indicateurs météorologiques pour les sites de prélèvement d'air ambiant
- Annexe 5 : Cartographies des sites de prélèvement d'air ambiant
- Annexe 6 : Environnement culturel des sites de prélèvement d'air ambiant
- Annexe 7 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 2 - Paramètres de distribution
- Annexe 8 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 2 - Distribution temporelle par site de prélèvement d'air ambiant
- Annexe 9 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 3 - Paramètres de distribution
- Annexe 10 : Description des indicateurs spatialisés de niveau 3 - Distribution temporelle par site
- Annexe 11 : Comparaison des indicateurs spatialisés de niveau 2 et de niveau 3 - Bilan
- Annexe 12 : Comparaison des indicateurs spatialisés de niveau 2 et de niveau 3 - Distribution temporelle par site
- Annexe 13 : Bilan qualitatif de la collecte en période de traitement en zones viticoles et en zones non viticoles
- 1.1 Bilan qualitatif des blancs de terrain en période de traitement
- 1.1.1 Codes qualité des blancs de terrain
- 1.1.2 Résultats d'analyse des blancs de terrain
- 1.2 Bilan qualitatif des échantillons d'air ambiant en période de traitement
- 1.2.1 Dates des prélèvements des échantillons d'air ambiant
- 1.2.2 Codes qualité des échantillons d'air ambiant après les étapes de prélèvement et d'analyse
- Annexe 14 : Zones viticoles en période de traitement - Paramètres de distribution des concentrations
- Annexe 15 : Zones viticoles en période de traitement - Variabilité des limites de détection et de quantification
- Annexe 16 : Zones viticoles en période de traitement - Classement des substances détectées en fonction de la fréquence de détection
- Annexe 17 : Zones viticoles en période de traitement - Classement des substances en fonction des concentrations C_{moy}, P50, P95 et C_{max}
- Annexe 18 : Zones viticoles en période de traitement - Nombre d'échantillons, fréquences de détection et de quantification, et Paramètres de distribution des concentrations par substance par site
- Annexe 19 : Zones viticoles en période de traitement - Fréquences de détection et de quantification par substance détectée pour chaque site
- Annexe 20 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution des concentrations par substance par site
- Annexe 21 : Zones viticoles en période de traitement - Contamination en fonction des indicateurs spatialisés de niveau 1 : Exemple du folpel et du fosétyl-aluminium
- Annexe 22 : Zones viticoles en période de traitement - Fréquences de détection et de quantification par semaine
- Annexe 23 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance pour les 22 substances avec FD_{globale} < 20 %
- Annexe 24 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution temporelle par substance par site (Représentation nuage de points)
- Annexe 25 : Zones viticoles en période de traitement - Distribution temporelle par substance par site (Représentation spaghetti)
- Annexe 26 : Zones viticoles en période de traitement - Superposition graphique des concentrations dans l'air ambiant avec l'indicateur spatialisé de niveau 2 (1 000 m)

Annexe 27 : Zones non viticoles en période de traitement - Paramètres de distribution des concentrations

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

Annexe 29 : Zones non viticoles en période de traitement - Classement des substances détectées en fonction de la fréquence de détection

Annexe 30 : Zones non viticoles en période de traitement - Classement des substances en fonction des concentrations C_{moy}, P50, P95 et C_{max}

Annexe 31 : Zones non viticoles en période de traitement - Nombre d'échantillons, fréquences de détection et de quantification, et Paramètres de distribution des concentrations par substance par site

Annexe 32 : Zones non viticoles en période de traitement - Fréquences de détection et de quantification par substance détectée pour chaque site

Annexe 33 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution des concentrations par substance par site

Annexe 34 : Zones non viticoles en période de traitement - Fréquences de détection et de quantification par semaine

Annexe 35 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance pour les 18 substances avec FD < 20 %

Annexe 36 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution temporelle par substance par site (Représentation nuage de points)

Annexe 37 : Zones non viticoles en période de traitement - Distribution temporelle par substance par site (Représentation spaghetti)

Annexe 38 : Zones viticoles en période hors traitement - Bilan qualitatif

1.1 Bilan qualitatif des blancs de terrain en zones viticoles en période hors traitement

1.1.1 Codes qualité des blancs de terrain

1.1.2 Résultats d'analyse des blancs de terrain

1.2 Bilan qualitatif des échantillons d'air ambiant en zones viticoles en période hors traitement

1.2.1 Dates des prélèvements des échantillons d'air ambiant

1.2.2 Codes qualité des échantillons d'air ambiant après les étapes de prélèvement et d'analyse

Annexe 39 : Zones viticoles en période hors traitement - Paramètres de distribution des concentrations

Annexe 40 : Zones viticoles en période hors traitement - Variabilité des limites de détection et de quantification

Annexe 41 : Zones viticoles en période hors traitement - Classement des substances détectées en fonction de la fréquence de détection

Annexe 42 : Zones viticoles en période hors traitement - Classement des substances en fonction des concentrations C_{moy}, P50, P95 et C_{max}

Annexe 43 : Cuivre - Sources de contamination dans l'environnement et niveaux de contamination dans l'air ambiant

Annexe 44 : Zones viticoles en période hors traitement - Nombre d'échantillons, fréquences de détection et de quantification, et Paramètres de distribution des concentrations par substance par site

Annexe 45 : Zones viticoles en période hors traitement - Fréquences de détection et de quantification par substance détectée pour chaque site

Annexe 46 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution des concentrations par substance par site

Annexe 47 : Zones viticoles en période hors traitement - Fréquences de détection et de quantification par semaine

Annexe 48 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution temporelle des concentrations par substance

Annexe 49 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution temporelle par substance par site

Annexe 50 : Zones viticoles en période hors traitement - Distribution temporelle par substance par site (Représentation spaghetti)

Annexe 51 : Zones viticoles en période hors traitement - Superposition graphique des concentrations dans l'air ambiant avec l'indicateur spatialisé de niveau 2 (1 000 m)

Annexe 52 : Comparaison de la contamination en zones viticoles et non viticoles – Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus

Annexe 53 : Comparaison de la contamination en zones viticoles et non viticoles – Comparaison des distributions temporelles des concentrations tous sites confondus

Annexe 54 : Comparaison de la contamination en zones viticoles et non viticoles - Matrice des modèles testés

Annexe 55 : Identification des facteurs associés aux niveaux de contamination des échantillons d'air ambiant en zones viticoles en période de traitement - Matrice des modèles testés

Annexe 56 : Comparaison de la contamination des échantillons d'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement ou non) - Comparaison des distributions des concentrations tous sites confondus

Annexe 57 : Comparaison de la contamination des échantillons d'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement ou non) - Comparaison des distributions des concentrations par site

Annexe 58 : Comparaison de la contamination des échantillons d'air ambiant en zones viticoles selon la période (traitement ou non) - Matrice des modèles testés

RESUME

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

Tome 1a : Résultats des contaminations environnementales - Air ambiant

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 1a présente les contaminations en 39 pesticides des 1557 échantillons d'air ambiant collectés entre octobre 2021 et septembre 2022. Pour une majorité des substances mesurées, l'air ambiant est plus contaminé en période de traitement en zones viticoles, en comparaison avec les zones non viticoles. Il l'est aussi en zones viticoles lors de la période de traitement des vignes, en comparaison avec la période hors traitement. La contamination observée semble s'expliquer, pour la majorité des substances, par les quantités de pesticides probablement utilisées sur la vigne à proximité des préleveurs d'air ambiant.

Au-delà des conclusions spécifiques à l'air ambiant, 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 AMBIANT

Citation suggérée : Gonnard L, Brugioni M, Réty J, *et al.* PestiRiv : Étude d'exposition aux pesticides chez les riverains de zones viticoles et non viticoles. Tome 1a : Résultats des contaminations environnementales – Air ambiant. Maisons-Alfort : Anses, 2025. 782 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 1a: Results relating to environmental contamination - Ambient 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 1a presents the contaminations of 39 substances in 1557 ambient air samples collected between October 2021 and September 2022. For a majority of the substances measured, contamination of ambient air is higher during the vineyard treatment period in wine-growing areas, compared with non-growing areas. The same is observed for wine-growing areas during the vineyard treatment period, compared with the non-treatment period. During the vineyard treatment period, the contamination appears to be explained by the quantity of pesticides likely used on vineyards located near the ambient air samplers.

Beyond the specific conclusions regarding ambient 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, AMBIENT 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