

Mesures des pesticides dans des habitations et un établissement recevant du public

Saint-Hilaire-Saint-Mesmin

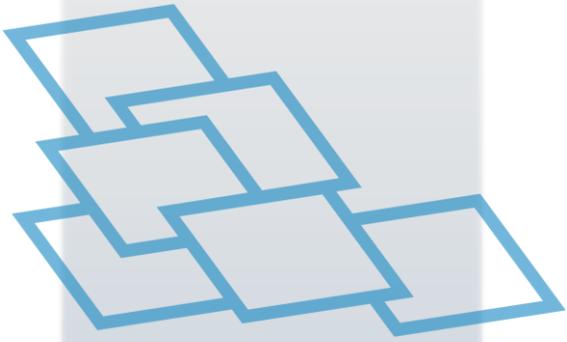
Années 2019-2021

Rapport d'étude

Septembre 2021

Lig'Air

Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire



GLOSSAIRE

| | |
|---------------------|---|
| AASQA : | Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l’Air |
| ANSES : | Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l’alimentation, de l’environnement et du travail |
| ARS : | Agence Régionale de Santé |
| BNVD : | Banque Nationale des Ventes de produits phytopharmaceutiques par les Distributeurs |
| COPIL : | COmité de PIlotage |
| COVETA : | Centre Orléanais de Vulgarisation et d’Etudes des Techniques Arboricoles (Chambre d’agriculture du Loiret) |
| DREAL : | Direction Régionale de l’Environnement, de l’Aménagement et du Logement |
| ERP : | Etablissement Recevant du Public |
| HAP : | Hydrocarbure Aromatique Polycyclique |
| INSERM : | Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale |
| OMS : | Organisation Mondiale de la Santé |
| OQAI : | Observatoire de la Qualité de l’Air Intérieur |
| PRSE : | Plan Régional Santé-Environnement |
| PRSQA : | Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l’Air |
| Percentile : | un percentile est chacune des 99 valeurs qui divisent un jeu de données triées en 100 parts égales, de sorte que chaque partie représente 1/100 de l’échantillon de population. Le cinquième centile (ou P5) est la valeur telle que 5% des valeurs d’un ensemble de données sont en-dessous de cette valeur. Le P90 est la valeur telle que 90% des valeurs sont en-dessous de cette valeur. |
| SA : | Substance Active |
| ng/m ³ : | nanogramme par mètre cube. Unité de concentration (10 ⁻⁹ g/m ³) |
| µg/m ³ : | microgramme par mètre cube. Unité de concentration (10 ⁻⁶ g/m ³) |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|----|
| TABLE DES MATIÈRES..... | 4 |
| Avertissement | 5 |
| I) Introduction et cadre de l'étude..... | 6 |
| II) Zone d'étude..... | 7 |
| A. Site extérieur | 7 |
| A. Classe élémentaire | 8 |
| B. Particulier P1 | 8 |
| C. Particulier P2 | 9 |
| III) Les pesticides..... | 9 |
| A. Définition | 9 |
| D. Liste des substances recherchées | 11 |
| E. Méthode de prélèvement et d'analyse | 12 |
| a) Prélèvements actifs | 12 |
| b) Prélèvement semi-passif | 13 |
| F. Déroulement de l'étude | 14 |
| G. Point météorologique issu des données de Météo France | 15 |
| IV) Résultats..... | 16 |
| A. Pré-traitement et limites | 16 |
| B. Résultats en air extérieur | 17 |
| H. Air intérieur | 21 |
| a) Mesures des prélèvements actifs | 21 |
| 1- Résultats globaux : | 21 |
| 2- Les principales substances quantifiées en air intérieur : | 23 |
| 3- Comparatif Air intérieur / Air extérieur : | 26 |
| c) Mesures des prélèvements semi-passifs | 27 |
| Synthèse et conclusion | 29 |
| ANNEXES | 32 |
| Annexe 1 – Questionnaires | 32 |
| a) Questionnaire agriculteur | 32 |
| b) Questionnaire général | 32 |
| d) Questionnaire d'activités | 34 |
| Annexe 2 – Réponse questionnaire COVETA | 35 |
| Annexe 3 – Limites de quantification | 36 |

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments en un instant caractérisé par des conditions propres à cet instant.

Ce rapport d'études est la propriété de Lig'Air. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Lig'Air.

Lig'Air ne saurait être tenue pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou l'utilisation des informations faites par un tiers.

I) Introduction et cadre de l'étude

Lig'Air mène depuis près de 20 ans, un programme de surveillance destiné à mesurer la présence et les quantités de produits phytosanitaires dans l'atmosphère. L'objectif de ces études est d'améliorer les connaissances sur l'exposition en air extérieur des habitants du Centre-Val de Loire à ces substances.

Dans cette optique et dans la continuité de l'amélioration des connaissances sur les pesticides, cette fois-ci en air intérieur, Lig'Air a lancé en 2019, une étude sur la mesure des produits phytosanitaires dans des habitations et des établissements recevant du public en zone agricole. Cette recherche exploratoire s'inscrit comme une action prioritaire du Plan Régional Santé-Environnement 3 (2017-2021) (figure 1) et est intégrée au PRSQA de Lig'Air. Lig'Air remercie l'ARS et la DREAL qui ont participé au financement de cette étude.



L'objectif est d'approcher le comportement des produits phytosanitaires en air intérieur améliorant ainsi les connaissances sur ces polluants dans les espaces clos. L'approche sanitaire et épidémiologique des pesticides ne fait pas partie des objectifs de cette étude.

ACTION PRIORITAIRE

ACTION 3
Réaliser des mesures de pesticides dans des habitations et des établissements recevant le public en zone agricole

Descriptif
Déterminer la nature et les niveaux des produits phytosanitaires présents à l'intérieur des habitations et des établissements recevant du public proches des zones agricoles. Cette étude sera couplée avec des mesures en air extérieur (cf. action B-1 sur l'air extérieur).

Afin d'éviter les nuisances sonores non supportables par les occupants, le protocole sera basé sur les prélèvements de poussière dans les habitations par une méthode semi-passive.

Les substances recherchées seront celles étudiées dans l'air extérieur ainsi que les molécules retrouvées dans les eaux.

L'étude pourra être pilotée par un comité de pilotage dont les membres seront à identifier parmi les partenaires associés.

Porteur(s) de l'action
Lig'Air

Partenaires associés
DRAAF, Chambre régionale d'agriculture, DREAL (SEB / SEIR), ARS, FNE, Conseil régional Centre-Val de Loire

Calendrier
Une année dans la période du PRSE3 (à définir au regard de l'action n°14 sur l'air extérieur)

Figure 1 : Extrait du PRSE3 de la région Centre-Val de Loire

Les mesures en air intérieur couplées avec des mesures en air extérieur se sont déroulées pendant l'automne 2019 et le printemps 2021 sur la commune de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin dans le Loiret (45).

Avant toute chose, Lig'Air tient à remercier le conseil municipal, les services techniques de la commune, l'ensemble du personnel du groupe scolaire et les volontaires pour leur accueil et leur participation active à cette étude.

Le présent rapport décrit et regroupe les résultats et le suivi de cette étude.

II) Zone d'étude

L'objectif de l'étude était de réaliser des mesures en air intérieur dans un établissement recevant du public et chez des particuliers proches d'une zone agricole. La commune de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin (Loiret) a été identifiée comme répondant à ces critères. L'amélioration des connaissances dans le domaine de l'air intérieur ne peut se faire sans ces études exploratoires et donc l'implication de citoyens volontaires.

Ainsi 4 points de mesures ont été définis en concertation avec la mairie et les volontaires (figure 2) :

- 3 en espace clos (dans une classe de l'école élémentaire et chez 2 particuliers dont un agriculteur de la commune),
- 1 en air extérieur (dans la cour de l'école élémentaire).

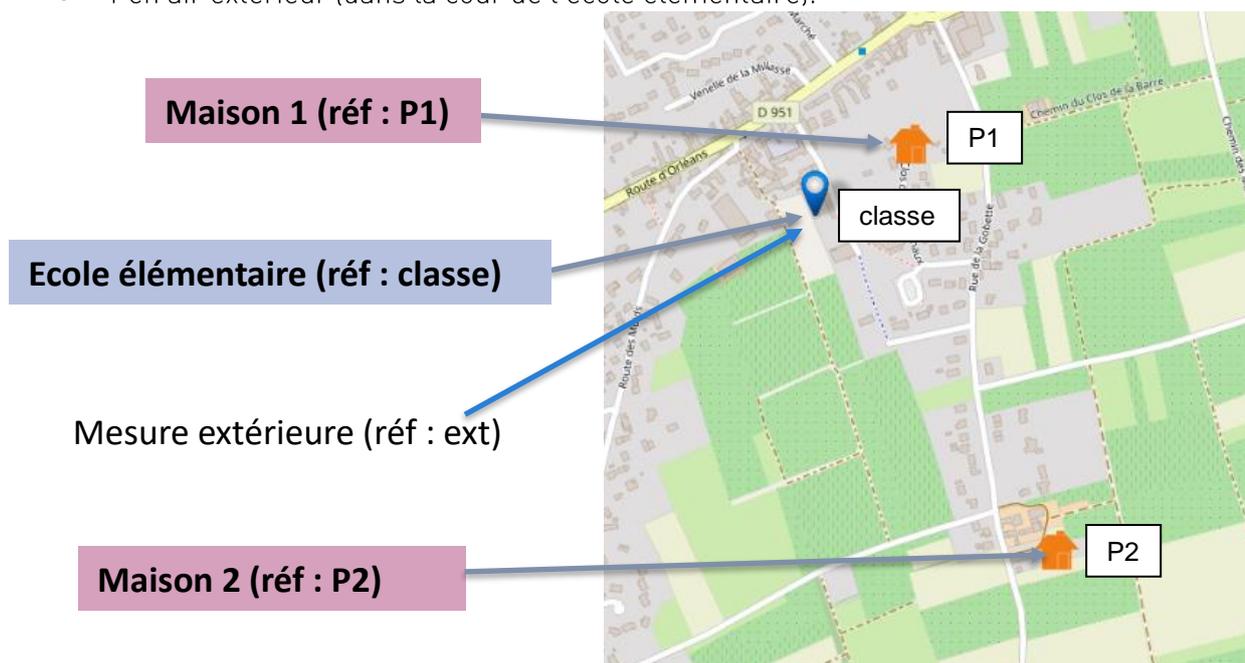


Figure 2 : localisation des points de mesures

Pour chaque site de suivi d'air intérieur, un questionnaire général a été renseigné par les occupants. Puis pour chaque prélèvement hebdomadaire, un questionnaire d'activités a été fourni aux participants. Ces derniers reportaient sur ce questionnaire leurs activités susceptibles d'impacter les résultats des prélèvements. L'exploitation de ces questionnaires sera utilisée au moment de l'interprétation des résultats de mesures (cf. annexe 1 Questionnaires).

A. Site extérieur

Le site en air extérieur a été installé dans la cour de l'école mais dans un espace clôturé par une grille et donc sécurisé pour les enfants (figure 3). Il était à proximité de cultures (vergers principalement).



Figure 3 : installation extérieure

A. Classe élémentaire

Le site installé dans l'établissement recevant du public a été positionné dans la classe de l'école élémentaire de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin la plus proche du point de mesure extérieur. Le dispositif a été placé en hauteur afin de le mettre hors de portée des élèves (figure 4).

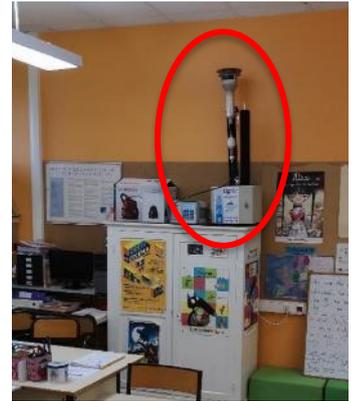


Figure 4 : installation dans la classe

Le bâtiment a été construit en 1999, il est équipé d'un système de ventilation de type VMC simple flux qui fonctionne en permanence et d'un chauffage central au gaz de ville.

B. Particulier P1

Le site P1 a été installé dans la pièce principale (salon) de la maison d'un particulier volontaire (figure 5).



Figure 5 : installation dans l'habitation P1

Cette maison a été construite en 2000. Elle est équipée d'un système de ventilation de type VMC simple flux qui fonctionne en permanence et d'un chauffage central au gaz de ville. Il n'y a pas de cheminée d'appoint.

En termes de présence pouvant influencer les mesures, il est à noter que ce foyer n'a pas d'animaux de compagnie lors de la première campagne. Un animal domestique était présent lors de la seconde campagne de mesures. Il n'y a pas de fumeur dans cette habitation. De plus les plantes d'intérieur ne font l'objet d'aucun traitement.

C. Particulier P2

Le site P2 a été installé dans la pièce principale (salon) de la maison d'un particulier volontaire (figure 6).



Figure 6 : installation dans l'habitation P2

Cette maison a été construite en 1983. Il n'y a pas de système de ventilation de type VMC. Elle est équipée d'un chauffage central par pompe à chaleur (eau/eau). Il y a une cheminée à foyer ouvert dans la pièce où les mesures ont été réalisées.

En termes de présence pouvant influencer les mesures, il est à noter que ce foyer héberge des animaux de compagnie (chiens et chats) qui peuvent avoir des traitements antiparasitaires comme cela a été mentionné dans les questionnaires. Il n'y a pas de fumeur.

III) Les pesticides

A. Définition

Un pesticide est une substance utilisée pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. Les pesticides rassemblent les insecticides, les fongicides, les herbicides et les parasitocides conçus pour avoir une action biocide. Le terme pesticide comprend les « produits phytosanitaires » ou « phytopharmaceutiques » utilisés en agriculture, mais aussi les produits antiparasitaires vétérinaires, les produits de traitements conservateurs des bois, et de nombreux pesticides à usage domestique : shampoing antipoux, boules antimites, bombes insecticides, etc.

Les pesticides regroupent plusieurs centaines de substances. La liste des substances autorisées à l'utilisation est évolutive en fonction des créations de nouvelles molécules et des interdictions de mises sur le marché. Ces substances sont très hétérogènes et notamment vis-à-vis de leurs propriétés physico-chimiques : volatilité, solubilité, rémanence, ... Ces propriétés sont l'un des facteurs d'influence de la présence des produits phytosanitaires dans les différents compartiments environnementaux (sol, air, eau).

Dans l'air ambiant, les pesticides les plus volatils seront les plus communément observés. Les pesticides sont observés en atmosphère urbaine comme rurale. Les fortes concentrations sont observées pendant les périodes de traitement (printemps et automne). D'une manière globale, leur présence est conditionnée par le cycle de vie des nuisibles.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de réglementation concernant les niveaux de ces composés dans l'air (ambiant et air intérieur).

Malgré l'absence de réglementation en air extérieur, des mesures de pesticides dans l'air ambiant ont été réalisées sur toute la France depuis plusieurs années. Les résultats de ce suivi sont disponibles via l'adresse suivante : https://atmo-france.org/wp-content/uploads/2019/12/pesticides_2002_2017-1.xlsx. De plus, en 2019, l'INERIS, l'Anses et la fédération Atmo France ont réalisé pour la première fois une Campagne Nationale Exploratoire de

mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (CNEP¹²). Cette étude a conduit au lancement en juillet 2021, d'un suivi à vocation pérenne des pesticides dans l'air ambiant à l'échelle nationale.

Malheureusement les études en air intérieur sur cette thématique sont peu nombreuses et il n'existe pas de base nationale regroupant l'ensemble des observations. Mais conscientes d'une problématique émergente, les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) tout comme l'Observatoire national de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) ont lancé ces dernières années des études spécifiques sur le sujet. Citons par exemple :

- L'étude d'Atmosf'Air Bourgogne de 2006 « campagne de mesures de pesticides en air extérieur et intérieur – Bourgogne 2006 »,
- L'étude d'Atmo Hauts-de-France de 2013 sur « L'évaluation des pesticides dans les exploitations agricoles du Nord-Pas-de-Calais » (Réf. : 01//2013/Pdes),
- L'étude d'Atmo Nouvelle-Aquitaine de 2020 sur « La mesure des biocides en air intérieur » (Réf : R&D_Ext_17 216),
- La campagne nationale logements 2 qui se déroule actuellement et qui vise à déterminer l'évolution de la qualité de l'air dans les logements en France depuis la première campagne nationale menée en 2003-2005 et à rechercher plus spécifiquement des polluants émergents, perturbateurs endocriniens³ et pesticides. La publication des résultats par l'OQAI est prévue en 2023.

Enfin, l'Anses a publié en 2019, l'étude Pesti'home qui dresse un aperçu complet des produits pesticides utilisés à domicile, les conditions d'utilisation ainsi que les profils des utilisateurs (Pesti'home – Anses-Rapport d'étude scientifique – Avril 2019).

Dans le cadre de ce rapport, les résultats en air intérieur seront comparés, lorsque cela est possible, aux niveaux observés dans ces études.

Source : la présence des pesticides dans l'air est due à l'utilisation humaine couplée aux paramètres intrinsèques de chaque pesticide et des conditions météorologiques (volatilité, dispersion, humidité, ...). Ils sont émis essentiellement par le secteur agricole mais aussi, dans une moindre mesure, par les collectivités pour l'entretien des cimetières, terrains de sport par exemple et par les particuliers pour lutter contre les insectes, araignées, poux ...

Effets sur la santé : ils peuvent varier en fonction de l'exposition (chronique ou aiguë) et de la toxicité des substances. Il peut s'agir d'irritations, réactions allergiques, de gêne respiratoire, de vomissements, de trouble de la reproduction, de cancers ... De nombreux pesticides sont classés comme perturbateurs endocriniens par l'OMS. L'INSERM a publié en 2021 un bilan des connaissances sur les pesticides et leurs effets sur la santé⁴.

Comme cela a été mentionné dans l'introduction, l'impact des pesticides sur la santé des humains ne fait pas partie des objectifs de l'action 3 du PRSE, autrement dit, de cette étude.

1 ["Résultats de la campagne nationale exploratoire de mesure des résidus de pesticides dans l'air ambiant \(2018-2019\)" mis à jour déc 2020](#)

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

3 Un perturbateur endocrinien est une substance ou un mélange de substances, qui altère les fonctions du système endocrinien et de ce fait induit des effets néfastes dans un organisme intact, chez sa progéniture ou au sein de (sous)- populations. OMS (2002)

4 [Synthèse de l'expertise collective Pesticides et santé – Nouvelles données \(2021\) ; INSERM](#)

D. Liste des substances recherchées

Les molécules étudiées dans ce projet portent sur les substances actives (SA) des produits commercialisés. Les huiles ainsi que les produits minéraux tels que soufre et cuivre n'ont pas été recherchés dans le cadre de cette étude.

La liste des substances recherchées a été constituée en prenant en compte :

- La faisabilité du prélèvement et de l'analyse,
- La liste des substances priorisées par l'ANSES⁵ et l'historique des campagnes de mesures (Lig'Air, AASQA et autres études),
- La présence de la molécule dans l'air (molécules très volatiles),
- Les molécules les plus détectées dans la littérature à l'intérieur des logements (air, poussières, ...)
- L'achat et l'utilisation de la molécule dans la zone d'étude issu de la BNVD⁶.

Pour les besoins de cette étude, Lig'Air a fourni un questionnaire (Annexe 1) aux agriculteurs référents de la zone d'étude (membres du COPIL) et aux chambres d'agriculteurs. Les molécules mentionnées dans la réponse de la COVETA (cf. annexe 2) ont été ajoutées à la liste après avoir fait l'objet d'une étude de faisabilité analytique par le laboratoire Micropolluants Technologie SA.

Certaines substances comme le glyphosate n'ont pas été recherchées, non pas par manque d'intérêt mais les méthodes de prélèvement utilisées dans cette étude ne sont pas adaptées et nécessiteraient la mise en place d'une autre méthode de prélèvement (préleveur spécifique à très haut débit).

Focus sur l'azadirachtine :

L'azadirachtine, molécule proposée lors des COPIL a fait l'objet d'une recherche bibliographique qui a montré que cette molécule n'a jamais été observée sur le territoire national. Les paramètres physico-chimiques indiquent qu'elle n'est pas volatile et qu'elle n'est pas susceptible de se retrouver dans le compartiment aérien. Elle est 10 000 000 000 (10 milliards) de fois moins volatile que le glyphosate. Sa prise en compte nécessiterait certainement une mise en place d'une méthodologie de prélèvement spécifique et un développement analytique sans garantie de résultat de présence. De plus l'analyse de la BNVD (Banque Nationale des Ventes de produits phytopharmaceutiques par les Distributeurs) montre que cette substance a été utilisée entre 2016 et 2018 en très faible quantité (moins de 3 kg/an sur la zone géographique regroupant le code postal de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin). A titre indicatif, elle est utilisée près de 500 fois moins que le glyphosate sur la même période.

Ainsi 106 substances actives ont été recherchées sur les prélèvements : 37 insecticides, 29 herbicides, 38 fongicides, 1 corvicide et 1 acaricide (cf. tableau 1). Parmi ces molécules, 44 étaient interdites d'utilisation (au moment de l'étude) en tant que produit phytosanitaire.

⁵ [Recommandations de l'Anses pour la mise en œuvre d'une surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant](#)

⁶ [Banque Nationale des Ventes des Distributeurs de produits phytopharmaceutiques](#)

Remarques :

- Le PBO (Piperonyl Butoxide), synergisant des pyréthrinoïdes n'est pas une substance insecticide, mais un synergisant (qui permet d'améliorer l'efficacité du pesticide associé) utilisé dans les produits insecticides contenant des pyréthrinoïdes (perméthrine, cyfluthrine, cyperméthrine, deltaméthrine,...). Afin de simplifier le tableau, il a été noté I pour son association systématique avec des insecticides.
- Le pentachloroanisole est un produit de dégradation du pentachlorophénol qui fut un fongicide très utilisé pour le traitement des bois. Par simplification il a été indiqué dans le tableau en tant que fongicide.

| | | | | | | | |
|-------------------------|---|--------------------|---|-------------------------|---|------------------------|---|
| 2,4 D (H) | ✓ | Deltaméthrine (I) | ✓ | Flufenoxuron (I) | ⊘ | Pipéronyl Butoxide (I) | ✓ |
| 2,4 DDT (I) | ⊘ | Dichlorvos (I) | ⊘ | Flumetraline (H) | ✓ | Procymidone (F) | ⊘ |
| 4,4 DDE (I) | ⊘ | Dicofol (A) | ⊘ | Fluopyram (F) | ✓ | Propiconazole (F) | ⊘ |
| 4,4 DDT (I) | ⊘ | Dieldrine (I) | ⊘ | Folpel (F) | ✓ | Propoxur (I) | ⊘ |
| Acétamipride (I) | ✓ | Difénoconazole (F) | ✓ | Heptachlore (I) | ⊘ | Propyzamide (H) | ✓ |
| Acétochlore (H) | ⊘ | Diflufenicanil (H) | ✓ | Imidaclopride (I) | ⊘ | Prosulfocarbe (H) | ✓ |
| Aclonifen (H) | ✓ | Dimethachlore (H) | ✓ | Indoxacarb (I) | ✓ | Pyraclostrobine (F) | ✓ |
| Aldrine (I) | ⊘ | Dimethenamid-p (H) | ✓ | Iprovalicarb (F) | ✓ | Pyrimethanil (F) | ✓ |
| Anthraquinone (C) | ⊘ | Diméthomorphe (F) | ✓ | Isoxabene (H) | ✓ | Pyrimicarbe (I) | ✓ |
| Atrazine (H) | ⊘ | Dimpylate (I) | ⊘ | Kresoxim-methyl (F) | ✓ | Pyriproxyfen (I) | ✓ |
| Azoxystrobine (F) | ✓ | Diphenylamine (F) | ⊘ | Lambda-cyhalothrine (I) | ✓ | Quinoxifen (F) | ⊘ |
| Boscalid (F) | ✓ | Dithianon (F) | ✓ | Lenacil (H) | ✓ | S-métolachlore (H) | ✓ |
| Captane (F) | ✓ | Diuron (H) | ⊘ | Lindane (I) | ⊘ | Spinosad (I) | ✓ |
| Carbaryl (I) | ⊘ | Dodine (F) | ✓ | Malathion (I) | ✓ | Spirotetramat (I) | ✓ |
| Carbetamide (H) | ⊘ | Endosulfan (I) | ⊘ | Métamitron (H) | ✓ | Spiroxamine (F) | ✓ |
| Chlordane (I) | ⊘ | Epoxiconazole (F) | ⊘ | Metazachlor (H) | ✓ | Tébuconazole (F) | ✓ |
| Chlorothalonil (F) | ✓ | Ethion (I) | ⊘ | Metconazole (F) | ✓ | Terbutylazine (H) | ✓ |
| Chlorpropham (H) | ⊘ | Ethofumesate (H) | ✓ | Myclobutanil (F) | ✓ | Thiaclopride (I) | ⊘ |
| Chlorpyrifos-methyl (I) | ⊘ | Etofenprox (I) | ✓ | Napropamide (H) | ✓ | Thiophanate-methyl (F) | ⊘ |
| Chlorpyrifos-ethyl (I) | ⊘ | Fenbuconazole (F) | ✓ | Oryzalin (H) | ⊘ | Thirame (F) | ⊘ |
| Chlorotoluron (H) | ✓ | Fenhexamid (F) | ✓ | Oxadiazon (H) | ⊘ | Tolyfluanide (F) | ⊘ |
| Clomazone (H) | ✓ | Fenpropidine (F) | ✓ | Parathion methyl (I) | ⊘ | Triallate (H) | ✓ |
| Cyazofamide (F) | ✓ | Fenpropimorphe (F) | ✓ | Pendimethaline (H) | ✓ | Trifloxystrobin (F) | ✓ |
| Cyfluthrine (I) | ⊘ | Fipronil (I) | ⊘ | Pentachloroanisole (F) | ⊘ | Trifluraline (H) | ⊘ |
| Cymoxanil (F) | ✓ | Flonicamide (I) | ✓ | Pentachlorophénol (F) | ⊘ | Zirame (F) | ✓ |
| Cyperméthrine (I) | ✓ | Fluazinam (F) | ✓ | Permethrine (I) | ⊘ | | |
| Cyprodinil (F) | ✓ | Fludioxonil (F) | ✓ | Phosmet (I) | ✓ | | |

I : insecticide ; F : fongicide ; H : herbicide ; C : corvicide ; A : acaricide ;

⊘ : interdit d'utilisation ; ✓ : autorisé à l'utilisation

Tableau 1 : Liste des substances actives recherchées

Les mentions « autorisé » et « interdit » pour le chlorothalonil font références à son autorisation lors de la première campagne et à son interdiction lors de la seconde campagne. Pour rappel, le chlorothalonil est un fongicide majoritairement utilisé sur les grandes cultures.

E. Méthode de prélèvement et d'analyse

a) Prélèvements actifs

Les méthodes de prélèvement utilisées par Lig'Air sont dictées par la norme AFNOR NFX 43-058 (figure 7) pour le prélèvement en air extérieur.

Un prélèvement actif est un prélèvement qui se fait à l'aide d'une pompe qui permet de prélever un volume précis avec un débit connu.

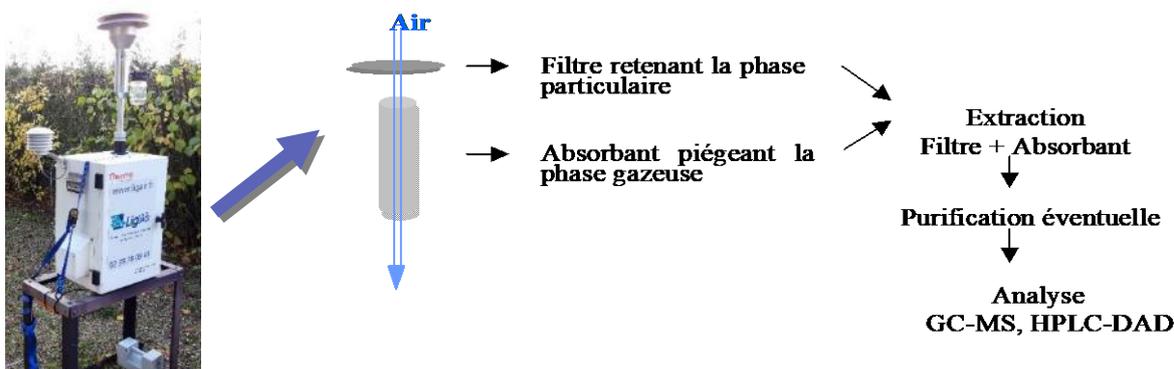


Figure 7 : Principe de mesure des pesticides

Pour le prélèvement en air intérieur, Lig'Air s'est basé sur un dispositif mis au point par Atmo Hauts-de-France lors d'une étude similaire visant à mesurer les pesticides chez des agriculteurs⁷. Ce dispositif a permis de prélever le même volume d'air qu'en extérieur tout en limitant les nuisances sonores (figure 8) et ainsi appliquer l'équivalent de la norme NFX 43-058 réservée aux prélèvements extérieurs.



Figure 8 : dispositif de prélèvement en air intérieur

Les prélèvements des phases gazeuse et particulaire sont récupérés, à une fréquence hebdomadaire, par le personnel de Lig'Air. Ils sont ensuite envoyés au laboratoire Micropolluants Technologie S.A pour analyse par chromatographie phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse et par chromatographie liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse triple quadripôle (normes AFNOR NFX 43-059). Les limites de quantifications par molécule sont regroupées en annexe 3.

b) Prélèvement semi-passif

Les prélèvements semi-passifs ont permis de récolter les poussières déposées au sol à l'intérieur de la classe et des habitations. Ce prélèvement a été réalisé avec l'aide des occupants et d'un aspirateur et des sacs (à changer de manière hebdomadaire) fournis par Lig'Air (figure 9). A l'inverse du prélèvement actif, le débit et le volume de prélèvement n'est pas défini pour ce type de prélèvement.



Figure 9 : Prélèvement semi-passif

La récolte de poussières a été effectuée à la fin de chaque journée durant la semaine de prélèvement actif. L'échantillon cumulatif hebdomadaire est ensuite conditionné et envoyé au laboratoire d'analyses.

F. Déroulement de l'étude

L'étude s'est déroulée de 2018 à 2021 (figure 10). Un Comité de Pilotage (COFIL) a été mis en place dès le début de la mise en place de l'étude. Il est composé par : l'ARS et la Dreal Centre-Val de Loire pilotes du PRSE et financeurs de l'étude, des membres du conseil municipal de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin, les volontaires participants, des agriculteurs et des représentants de la chambre d'agriculture, des représentants de l'Education Nationale, des représentants des parents d'élèves, du monde la recherche (CNRS, CBM), la Région Centre-Val de Loire et Lig'Air.

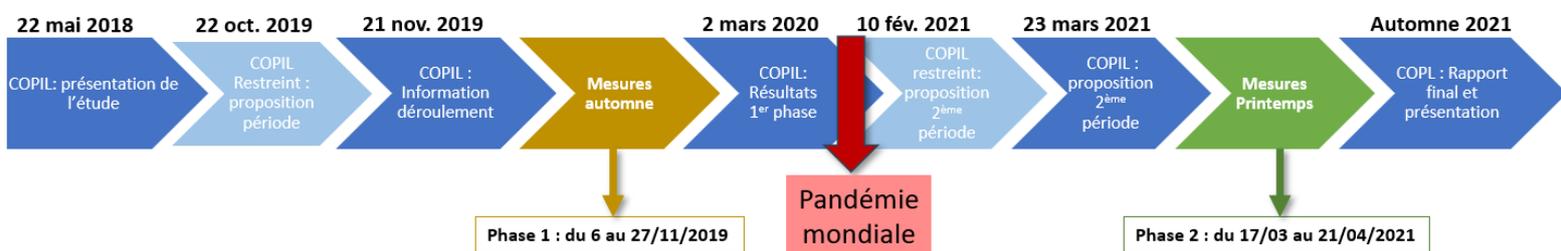


Figure 10 : Rétroplanning du projet

Le principe de l'étude est d'axer les mesures de pesticides en air intérieur autour de 2 phases de surveillance visant les périodes où les épandages de produits phytosanitaires sont les plus importants : le printemps et l'automne. Les traitements printaniers concernent de nombreuses cultures dont l'arboriculture et les grandes cultures (cultures dominantes dans la zone d'étude). Les traitements automnaux sont plus souvent associés aux grandes cultures. La première période de mesures s'est déroulée du 6 au 27 novembre 2019 (tableau 2).

Dans le contexte de la pandémie mondiale de COVID qui a débuté en mars 2020, les confinements et fermetures de classes ont perturbé le planning initial qui prévoyait notamment une seconde campagne de mesures au printemps 2020. La détermination des nouvelles dates de cette campagne a fait l'objet de 2 COFIL exceptionnels (l'un restreint et l'autre complet) (figure 10). Lors du dernier COFIL, une proposition d'allongement de la période de mesures de 3 à 5 semaines a été adoptée. En conséquence, celle-ci a dû être décalée au printemps 2021 du 17 mars au 21 avril 2021 (tableau 2).

| Référence semaine | Date de début | Date de fin |
|--------------------------|---------------|-------------|
| Automne_T1 ou Aut_T1 | 06/11/2019 | 13/11/2019 |
| Automne_T2 ou Aut_T2 | 13/11/2019 | 20/11/2019 |
| Automne_T3 ou Aut_T1 | 20/11/2019 | 27/11/2019 |
| Printemps_T1 ou Print_T1 | 17/03/2021 | 24/03/2021 |
| Printemps_T2 ou Print_T2 | 24/03/2021 | 31/03/2021 |
| Printemps_T3 ou Print_T3 | 31/03/2021 | 07/04/2021 |
| Printemps_T4 ou Print_T4 | 07/04/2021 | 14/04/2021 |
| Printemps_T5 ou Print_T5 | 14/04/2021 | 21/04/2021 |

Tableau 2 : planning de prélèvements

G. Point météorologique issu des données de Météo France

Les conditions météorologiques de la première campagne, du 6 au 27 novembre 2019, étaient caractéristiques d'un temps automnal. Les précipitations ont été fréquentes et excédentaires. Les températures maximales sont proches des normales avec 13°C au maximum le 26/11/19. Les températures minimales sont supérieures aux normales de saison. Les journées du 20 et 21 novembre ont été les plus froides avec des minimas faiblement négatifs (-1 °C le 21/11/19). Les vents majoritaires sont de secteur Sud-Ouest, faibles à modérés.

La seconde période de mesures s'est déroulée du 17 mars au 21 avril 2021. Cette période a été marquée par un temps sec avec très peu de précipitations. Les températures ont été pour les minima très froides s'approchant des records de froid pour cette période (-5°C le 06/04/21). Les gelées ont été très fréquentes. Pour les températures maximales, elles sont proches également des records avec 25°C le 01/04/21. Ces dernières sont dues à un pic de chaleur fin mars qui fut suivi ensuite par une vague de froid sur le reste de la période. Les vents majoritaires sont de secteur Nord-Nord-Est et sont modérés à forts.

Comme illustrée sur la figure 11, la présence de pesticides dans l'air ambiant est liée à la fois à l'épandage (transfert direct) mais également à des transferts indirects (comme l'érosion éolienne, la volatilisation, les dépôts secs et humides).

Les conditions météorologiques ont une influence sur l'ensemble de ces transferts :

- la volatilisation des pesticides est liée à la température ambiante, au vent mais également à l'humidité du sol (un sol humide favorisera la volatilisation) ;
- d'autre part, la pluie permet un phénomène de lessivage de l'atmosphère par précipitation au sol des substances actives et donc une diminution des niveaux des pesticides dans l'air ambiant. Ce phénomène de lessivage n'est pas spécifique uniquement aux pesticides. Il peut affecter les concentrations de l'ensemble des polluants atmosphériques ;
- enfin, l'utilisation des produits phytosanitaires est directement liée aux cycles de vie des nuisibles qui sont eux-mêmes dictés par les conditions météorologiques observées sur les semaines précédentes.

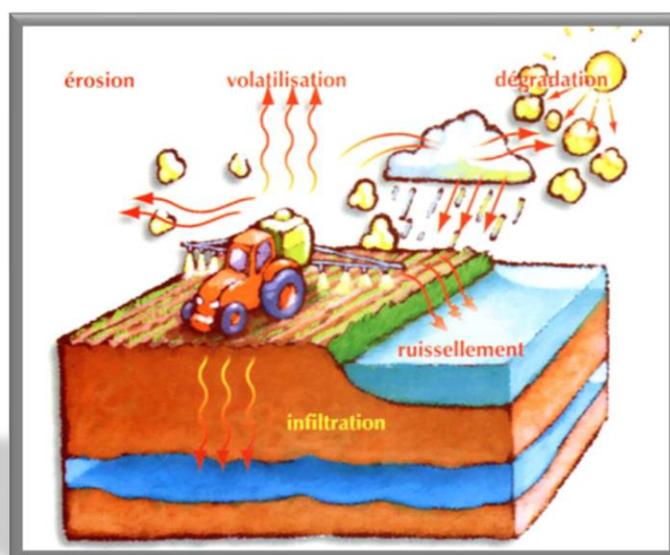


Figure 11 : Schéma du devenir des pesticides épandus (source : Lig'Air/Le Toit à Vaches)

Concernant l'air intérieur, ces mêmes conditions météorologiques vont influencer le comportement des occupants par l'utilisation du chauffage, l'ouverture des portes et fenêtres plus ou moins longtemps. D'autre part, la température et l'humidité d'une pièce peuvent également impacter la qualité de l'air intérieur pour certains polluants.

IV) Résultats

A. Pré-traitement et limites

Une première phase d'exploitation des résultats a consisté à valider les prélèvements et analyses. L'ensemble des prélèvements de la campagne automnale a été réalisé et les analyses ont été validées (tableaux 3 et 4).

| | | | | | |
|-----------|------------|----------------|----|------------|----------------|
| Extérieur | Automne_T1 | Prélèvement OK | P1 | Automne_T1 | Prélèvement OK |
| | Automne_T2 | Prélèvement OK | | Automne_T2 | Prélèvement OK |
| | Automne_T3 | Prélèvement OK | | Automne_T3 | Prélèvement OK |
| Classe | Automne_T1 | Prélèvement OK | P2 | Automne_T1 | Prélèvement OK |
| | Automne_T2 | Prélèvement OK | | Automne_T2 | Prélèvement OK |
| | Automne_T3 | Prélèvement OK | | Automne_T3 | Prélèvement OK |

Tableau 3 : tableau de validation et invalidation des prélèvements actifs du 6 au 27 novembre 2019

| | | | | | | | | |
|--------|------------|----------------|----|------------|----------------|----|------------|----------------|
| Classe | Automne_T1 | Prélèvement OK | P1 | Automne_T1 | Prélèvement OK | P2 | Automne_T1 | Prélèvement OK |
| | Automne_T2 | Prélèvement OK | | Automne_T2 | Prélèvement OK | | Automne_T2 | Prélèvement OK |
| | Automne_T3 | Prélèvement OK | | Automne_T3 | Prélèvement OK | | Automne_T3 | Prélèvement OK |

Tableau 4 : tableau de validation et invalidation des prélèvements semi-passifs (aspiration poussières) du 06 au 27 novembre 2019

Suite à différents problèmes (non représentativité du volume prélevé, coupure de courant, conditionnement de cartouche inadapté), plusieurs prélèvements ont dû être invalidés (tableaux 5 et 6).

| | | | | | |
|-----------|--------------|--------------------|----|--------------|----------------------|
| Extérieur | Printemps_T1 | Prélèvement OK | P1 | Printemps_T1 | Problème technique |
| | Printemps_T2 | Prélèvement OK | | Printemps_T2 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T3 | Prélèvement OK | | Printemps_T3 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T4 | Prélèvement OK | | Printemps_T4 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T5 | Prélèvement OK | | Printemps_T5 | Problème laboratoire |
| Classe | Printemps_T1 | Problème technique | P2 | Printemps_T1 | Problème technique |
| | Printemps_T2 | Prélèvement OK | | Printemps_T2 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T3 | Prélèvement OK | | Printemps_T3 | Coupure de courant |
| | Printemps_T4 | Prélèvement OK | | Printemps_T4 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T5 | Prélèvement OK | | Printemps_T5 | Arrêt participation |

Tableau 5 : tableau de validation et invalidation des prélèvements actifs du 17 mars au 21 avril 2021

| | | | | | | | | |
|--------|--------------|--------------------|----|--------------|----------------|----|--------------|---------------------|
| Classe | Printemps_T1 | Prélèvement OK | P1 | Printemps_T1 | Prélèvement OK | P2 | Printemps_T1 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T2 | Prélèvement OK | | Printemps_T2 | Prélèvement OK | | Printemps_T2 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T3 | Pas de prélèvement | | Printemps_T3 | Prélèvement OK | | Printemps_T3 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T4 | Prélèvement OK | | Printemps_T4 | Prélèvement OK | | Printemps_T4 | Prélèvement OK |
| | Printemps_T5 | Prélèvement OK | | Printemps_T5 | Prélèvement OK | | Printemps_T5 | Arrêt participation |

Tableau 6 : tableau de validation et invalidation des prélèvements semi-passifs (aspiration poussières) du 17 mars au 21 avril 2021

Ainsi sur l'ensemble de la campagne, 84% des prélèvements actifs et 96% des prélèvements semi-passifs ont été réalisés et validés.

Il est important de préciser ici certaines limites à ce type d'étude. Tout d'abord, comme évoqué dans le chapitre III)D) Liste des substances recherchées, il n'est pas possible techniquement et analytiquement de rechercher l'ensemble des produits phytosanitaires existants. De plus, même si les méthodes analytiques sont de plus en plus performantes, fondamentalement, pour chaque

molécule recherchée, il existe des limites de quantifications. Elles correspondent à la concentration la plus basse pour laquelle le laboratoire d'analyse peut donner une valeur quantifiée. D'autre part il est important de rappeler que cette étude s'est déroulée uniquement sur 2 périodes relativement courtes et uniquement sur 4 points de surveillance (3 en espace clos et 1 en extérieur). Ainsi les résultats contenus dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments en un instant caractérisé par des conditions propres à cet instant et à ces lieux.

B. Résultats en air extérieur

Lig'Air réalise chaque année une surveillance des produits phytosanitaires dans l'air ambiant sur différents sites en région Centre-Val de Loire. Les résultats obtenus dans la cour de l'établissement scolaire de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin seront ainsi comparés aux mesures faites sur les sites urbains de Saint-Jean-de-Braye et de Tours (cf. figure 12)

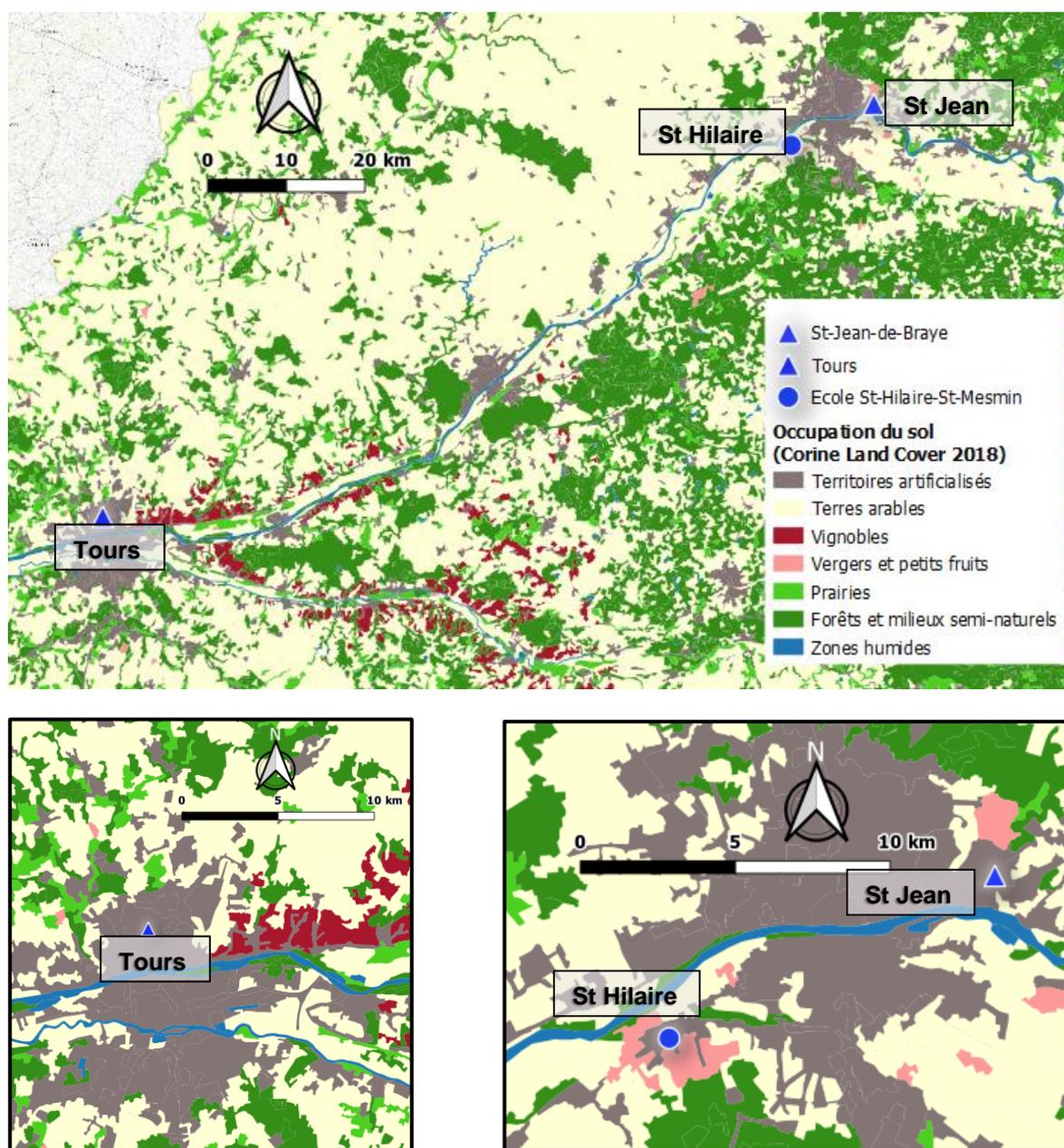


Figure 12 : localisation des différents points de mesure en extérieur (Tours, St-Jean-de-Braye et St-Hilaire-St-Mesmin) avec occupation du sol (Source : Corine Land Cover 2018).

Le tableau 7 regroupe les concentrations mesurées des substances qui ont été quantifiées, durant les semaines de prélèvements.

A noter :

Contrairement à la période automnale, la campagne annuelle de surveillance des pesticides en air extérieur n'avait pas commencé au 17 mars 2021.

Seules les semaines 4 et 5 sont comparables aux sites de Saint-Jean-de-Braye et de Tours pour la campagne printanière de 2021 (tableau 7).

En air extérieur (dans la cour de l'école de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin), seules 9 molécules différentes ont été quantifiées sur les 106 recherchées. La dixième substance correspond à la fenpropidine qui a été quantifiée uniquement sur Tours (Print_T3). Toutes les substances quantifiées sont autorisées à l'utilisation sauf l'antraquinone.

Zoom sur l'antraquinone :

L'antraquinone, corvicide interdit d'utilisation agricole depuis 2008 a également été quantifié sur l'ensemble des sites surveillés. Il s'avère que cette molécule a différents usages :

- En tant que produit phytosanitaire, c'est un répulsif dérivé des plantes utilisé pour éloigner les oiseaux et notamment les corneilles. Il n'est plus autorisé pour cette utilisation dans l'Union Européenne depuis 2008.
- Dans le domaine industriel : fabrication de colorants dans le textile, industrie de la pâte à papier, ...
- On la retrouve également de manière naturelle dans des plantes et chez les insectes (composition de squelette, couleur).

De fait, ses origines dans l'air peuvent être multiples. D'autant plus qu'elle peut également résulter de la transformation de composés Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), eux-mêmes émis par toute source de combustion (trafic automobile, chauffage, industries, ...).

Il est actuellement difficile de lier la présence de ce composé dans l'air à la seule utilisation en tant que corvicide. En effet, les autres origines de ce composé sont trop importantes et variées pour être négligées. Toutefois, une observation reste incontestable : ce composé est présent dans l'air et avec des concentrations variables.

Le nombre de pesticides quantifiés au printemps est moins important qu'à l'automne sur les 3 sites (St-Hilaire, St Jean de Braye et Tours). De même, les concentrations en air extérieur sont plus faibles (proche de la limite de quantification) au printemps 2021 qu'à l'automne 2019. Ces résultats confirment ceux observés depuis plusieurs années, sur l'hexagone, à savoir que la période la plus chargée en pesticides (et notamment en herbicides) dans l'air extérieur est l'automne quelles que soient les cultures dominantes.

En termes de variétés de composés retrouvés dans l'air, il est logique de constater que les substances quantifiées au printemps sont majoritairement différentes de celles de l'automne. Notamment la présence d'herbicides dans l'air est en adéquation avec les pratiques culturales de la saison. Ainsi durant les 3 semaines automnales, les pesticides présents dans l'air ambiant sont majoritairement des herbicides utilisés sur les grandes cultures. On retrouve globalement les mêmes substances et le même ordre de grandeur en concentration entre le site de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin et le site de Saint-Jean-de-Braye (deux communes de l'agglomération orléanaise). Les substances actives qui ont été quantifiées sont mesurées de manière récurrente sur les différents sites de surveillance de Lig'Air ces dernières années

| Unité : ng/m ³ | St-Hilaire Ext | | | | | | | | St Jean de Braye | | | | | Tours | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 |
| Antraquinone (Rep.) | 0,6 | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | | 1,0 | 1,4 | 1,3 | | | 0,8 | | 0,7 | 0,7 | 1,1 | 1,3 | | | 0,8 | | 0,5 |
| Chlorpyrifos methyl (I) | 0,1 | | 0,2 | | | | | | 0,1 | 0,1 | 0,2 | | | | | | | | 0,4 | | | | | |
| Diflufenicanil (H) | 0,1 | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fenpropidine (F) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fenpropimorphe (F) | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | |
| Métolachlore (-S) (H) | | | | | | | 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pendimethaline (H) | 1,3 | 1,2 | 1,2 | | | | | | 1,7 | 1,2 | 1,6 | | | | | | 0,7 | 0,7 | 1,5 | | | | | |
| Pentachloroanisole (F) | | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prosulfocarbe (H) | 0,3 | 0,8 | 1,7 | | | | | | 0,8 | 0,6 | 2,3 | | | | | | 0,3 | 0,7 | | | | | | |
| Triallate (H) | 0,3 | 0,6 | 0,8 | | | | 0,3 | | 0,5 | 0,5 | 0,8 | | | 0,1 | | | 0,3 | 0,4 | | | | 0,2 | | 0,1 |
| Cumul | 2,8 | 4,0 | 4,8 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 2,1 | 0,1 | 4,2 | 3,8 | 6,2 | | | 0,9 | 0,7 | 1,9 | 2,8 | 3,2 | | | 1,1 | | 0,7 | |
| Nbr de SA détectées | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | 6 | 5 | 5 | | | 2 | 1 | 4 | 4 | 3 | | | 3 | | 2 | |

Tableau 7 : concentrations des substances quantifiées en air extérieur sur Saint-Hilaire-Saint-Mesmin, Saint-Jean-de-Braye et Tours

Toutes les substances quantifiées durant l'automne 2019, à Saint-Hilaire-Saint-Mesmin ont été observées ailleurs à la même période. Les niveaux en air extérieur sont similaires sur les différents sites (figure 13). Le site en air extérieur semble, sur cette courte période, se comporter de manière similaire aux autres sites urbains de Lig'Air et plus particulièrement au site de Saint-Jean-de-Braye. Ce dernier est situé au nord-est de l'agglomération orléanaise (Saint-Hilaire-Saint-Mesmin étant au sud-ouest de cette même agglomération) et de typologie similaire mixant zone urbaine, zone d'arboriculture et zone de grandes cultures.

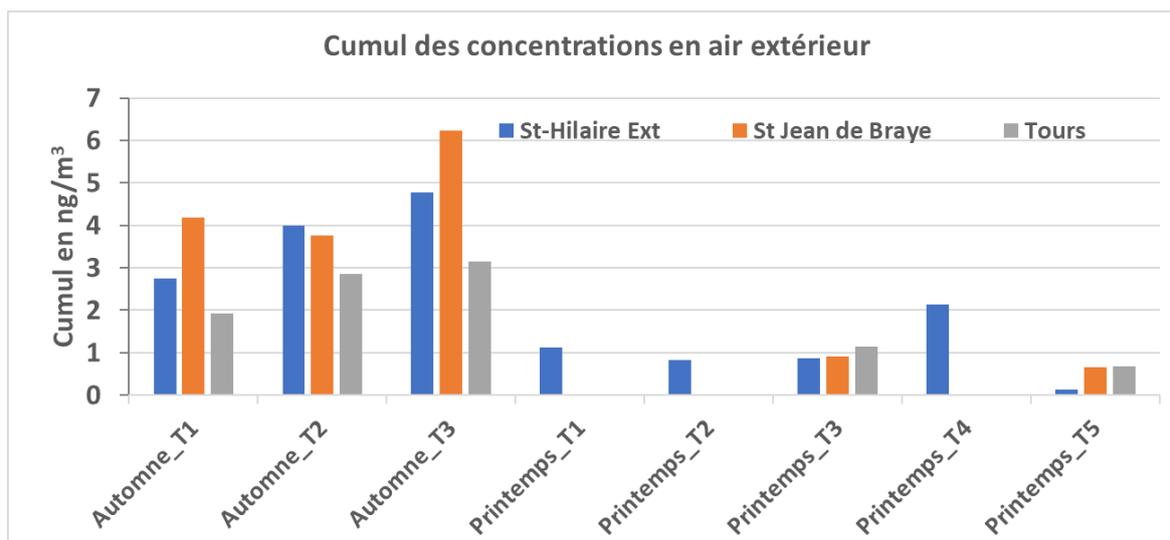


Figure 13 : cumul des concentrations en air extérieur sur les différents sites surveillés par Lig'Air

Afin d'avoir une comparaison fiable avec les niveaux observés au niveau national, nous avons réalisé des traitements statistiques sur la base de données nationale Phytatmo. Cette base regroupe l'ensemble des mesures réalisées par les AASQA. Nous avons axé notre exploitation statistique sur les 3 dernières années disponibles afin d'être cohérent avec les changements d'utilisations liés notamment aux arrêts d'autorisations de mises sur le marché. Car contrairement au compartiment eau, l'impact d'une interdiction d'utilisation d'une substance active s'observe généralement à partir de la date de fin d'utilisation des stocks. Le composé pentachloroanisole n'apparaît pas dans ce tableau car il n'a pas fait l'objet de recherches dans l'air ambiant par les AASQA. L'exploitation de cette base de données pour les composés quantifiés (tableau 8) permet de constater que les niveaux mesurés en air ambiant sur le site de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin sont du même ordre de grandeur que les moyennes nationales pour ces composés. Les maxima observés sur le site de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin sont inférieurs aux maxima nationaux (cf. tableau 8).

| Statistiques issues de la base Phytatmo (2018-2019-2020) | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | Nb de quantifications | Moy | Max | P5 | P90 |
| Anthraquinone | 348 | 0,4 ng/m ³ | 2,3 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 0,9 ng/m ³ |
| Chlorpyrifos methyl | 1024 | 0,4 ng/m ³ | 19 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 0,8 ng/m ³ |
| Diflufenicanil | 668 | 0,1 ng/m ³ | 6,8 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 0,1 ng/m ³ |
| Fenpropidine | 647 | 1,2 ng/m ³ | 41,4 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 3,2 ng/m ³ |
| Fenpropimorphe | 36 | 0,3 ng/m ³ | 3,7 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 0,7 ng/m ³ |
| Métolachlore (-S) | 1573 | 0,5 ng/m ³ | 50,9 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 0,7 ng/m ³ |
| Pendimethaline | 2258 | 1 ng/m ³ | 35,8 ng/m ³ | 0,03 ng/m ³ | 2,4 ng/m ³ |
| Prosulfocarbe | 1338 | 5,1 ng/m ³ | 175,7 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 14,3 ng/m ³ |
| Triallate | 1600 | 0,5 ng/m ³ | 14,3 ng/m ³ | 0 ng/m ³ | 1,4 ng/m ³ |

Tableau 8 : statistiques issues de la base nationale Phytatmo sur les années 2018, 2019 et 2020

H. Air intérieur

a) Mesures des prélèvements actifs

1- Résultats globaux :

Le tableau 9 regroupe les concentrations des pesticides ayant été quantifiés durant la campagne automnale 2019 et printanière 2021 en air intérieur sur les 3 espaces clos investigués.

- Tout d'abord, on constate que sur l'ensemble des prélèvements, des produits phytosanitaires ont été quantifiés. L'air intérieur n'est donc pas exempt de ces polluants.
- Le nombre de pesticides quantifiés en air intérieur est plus important qu'en air extérieur. Ainsi sur l'ensemble des 106 molécules recherchées, 12 substances ont été quantifiées, soit 11%. Toutefois seules 50% des substances quantifiées en air intérieur sont les mêmes que celles en air ambiant. D'autre part, la moitié des molécules observées, en intérieur, sont interdites à l'usage agricole (substances en rouge dans le tableau 9).
- Jusqu'à 9 substances différentes ont été quantifiées dans un même espace clos.
- Parmi les pesticides quantifiés, 6 molécules ont été observées au printemps 2021 et en automne 2019 en air intérieur (anthraquinone, diphénylamine, lindane, pentachloroanisole, pentachlorophénol, perméthrine).
- Le pentachloroanisole est le composé le plus souvent quantifié sur l'ensemble des 2 campagnes avec des concentrations variant de 0,2 ng/m³ à 2,7 ng/m³.
- Les concentrations les plus importantes sont liées aux insecticides. Notamment sur le site P2 pour l'insecticide lindane lors de la seconde semaine de mesures à l'automne 2019 (prélèvement automne_T2) avec une concentration de 11,6 ng/m³.
- 6 pesticides identiques ont été quantifiés en air intérieur et en air extérieur (anthraquinone, diflufenicanil, fenpropimorphe, pentachloroanisole, prosulfocarbe, triallate). Les concentrations en air intérieur sont majoritairement inférieures ou égales aux concentrations en air extérieur pour ces composés. Ceci laisse à supposer un transfert de l'air extérieur vers l'air intérieur pour quelques molécules utilisées pour le traitement des cultures.
- Le nombre de pesticides quantifiés et le cumul des concentrations varient fortement d'une semaine à l'autre et d'un site à l'autre (figures 14 et 15). Ces deux indicateurs ne sont pas forcément corrélés. Par exemple, on peut avoir un prélèvement constitué de plusieurs produits phytosanitaires mais avec un faible cumul de concentrations. Mais on peut aussi avoir un prélèvement avec un fort cumul de concentrations mais constitué d'un faible nombre de substances actives. C'est le cas par exemple sur la semaine Automne_T3 entre la classe et le site P2, où dans la classe on observe une grande variété de substances actives avec un cumul faible et inversement pour le site P2 où nous observons peu de pesticides mais avec un cumul plus important. Ces éléments illustrent la complexité des études en air intérieur, complexité accentuée par le comportement et les activités des occupants qui peuvent varier d'un espace clos à un autre.

| Unité : ng/m ³ | Classe | | | | | | | | | P1 | | | | | | P2 | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|
| | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 |
| Anthraquinone (Rep.) | | 0,5 | 0,5 | | | | | | | 0,5 | 0,4 | | | | | | 0,4 | 0,3 | | 0,7 | | | |
| Diflufenicanil (H) | | | 0,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Diphenylamine (F) | | | 0,7 | | | | 0,7 | | | 3,8 | | | | 0,9 | | | 3,7 | 1,5 | | | | | |
| Fenpropimorphe (F) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | | |
| Lindane (I) | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,8 | 11,6 | 10,3 | | | | 6,1 |
| Pentachloroanisole (F) | 0,3 | 0,3 | 0,3 | | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | | 0,2 | 1,5 | 0,2 | | 2,1 | 2,7 | 2,6 | | | | 1,5 |
| Pentachlorophénol (F) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,4 | | | | | 1,6 |
| Permethrine (I) | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | 0,5 | | | | | 5,4 |
| Pipéronyl butoxide (I) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 8,5 |
| Prosulfocarbe (H) | | | 0,2 | | | | | | | 0,1 | | | | | | | | 0,2 | | | | | |
| Tolylfluamide (F) | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,2 | | | | | |
| Triallate (H) | | | 0,2 | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | | | | | |
| Cumul | 0,3 | 0,8 | 2,2 | | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 0,3 | 0,2 | 4,7 | 0,6 | | 0,2 | 1,5 | 1,1 | | 14,6 | 18,5 | 13,1 | | 0,9 | | 23,1 |
| Nbr de SA détectées | 1 | 2 | 7 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | | 1 | 1 | 2 | | 3 | 9 | 3 | | 2 | | 5 |

Tableau 9 : concentrations des substances quantifiées en air intérieur dans les différents espaces clos à l'automne 2019 et au printemps 2021

| Unité : ng/m ³ | St-Hilaire Ext | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | |
| Anthraquinone (Rep.) | 0,6 | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | | |
| Chlorpyriphos methyl (I) | 0,1 | | 0,2 | | | | | | |
| Diflufenicanil (H) | 0,1 | | | | | | | | |
| Fenpropimorphe (F) | | | | | 0,1 | | | | |
| Métolachlore (-S) (H) | | | | | | | 0,4 | | |
| Pendimethaline (H) | 1,3 | 1,2 | 1,2 | | | | | | |
| Pentachloroanisole (F) | | | | | | | | 0,1 | |
| Prosulfocarbe (H) | 0,3 | 0,8 | 1,7 | | | | | | |
| Triallate (H) | 0,3 | 0,6 | 0,8 | | | | 0,3 | | |
| Cumul | 2,8 | 4,0 | 4,8 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 2,1 | 0,1 | |
| Nbr de SA détectées | 6 | 4 | 5 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | |

Tableau 10 : rappel des concentrations mesurées en air extérieur sur le site de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin

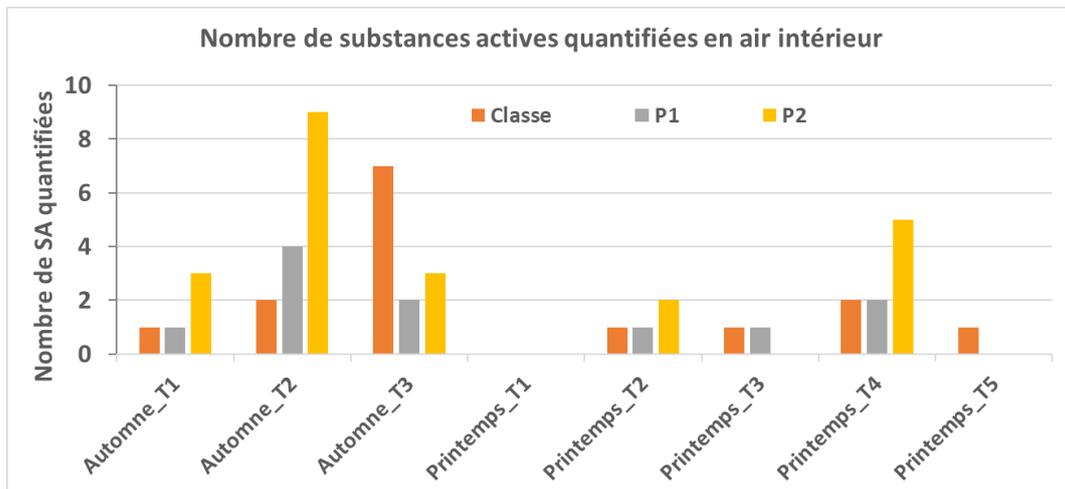


Figure 14 : nombre de substances actives quantifiées en air intérieur

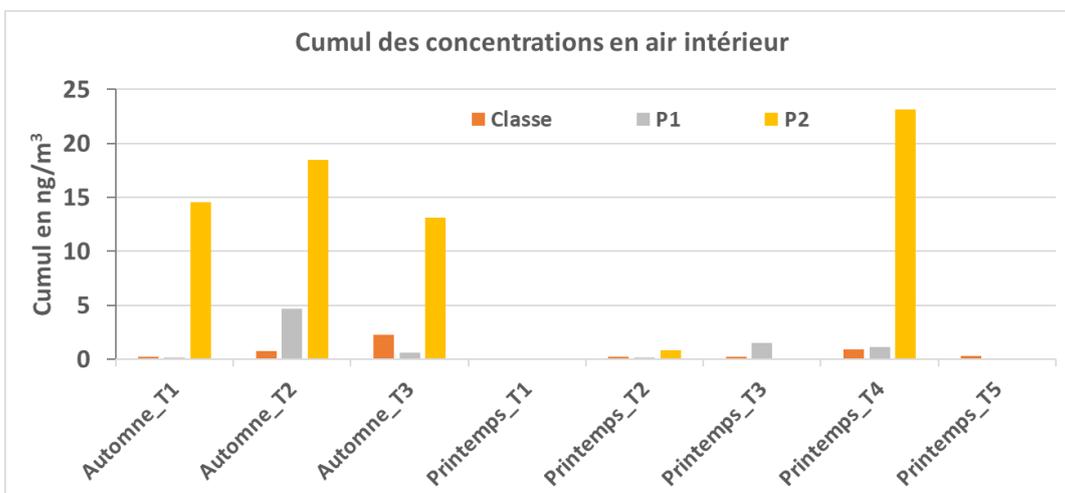


Figure 15 : cumul des concentrations en pesticides en air intérieur

Pour la salle de classe, en dehors de la semaine Automne_T3, où le nombre de molécules quantifiées est le plus important, pour tout site confondu pour cette semaine, les niveaux ainsi que la variété des composés observés sont restés proches voire inférieurs à ceux observés dans le logement P1. Il est à noter que l'habitation P2 renferme le plus fort cumul de pesticides, tous sites confondus. Il en va de même pour la variété du nombre de substances quantifiées.

2- Les principales substances quantifiées en air intérieur :

Le pentachloroanisole et le pentachlorophénol :

Le pentachloroanisole est un produit de dégradation du pentachlorophénol. Ce dernier est utilisé pour le traitement des bois, pour l'imprégnation de fibres et textiles non destinés à l'habillement ou l'ameublement, mais interdit en tant que produit phytosanitaire. Il a été quantifié dans la quasi-totalité des prélèvements en air intérieur mais une seule fois sur les prélèvements en air extérieur. Les niveaux les plus importants de ces substances ont été observés dans l'habitation P2. Notons ici que le pentachlorophénol n'a été observé que dans cette habitation.

Le pentachlorophénol a été observé dans l'étude d'Atmo Hauts-de-France avec une concentration moyenne inférieure aux concentrations obtenues en air intérieur mais un maximum plus fort que sur le site P2 (tableau 11).

La diphénylamine :

La diphénylamine est un fongicide interdit depuis 2012 pour la conservation des pommes et des poires mais autorisé pour la fabrication de colorants et d'antioxydants. Selon l'agence européenne

de chimie (ECHA), cette substance peut être trouvée dans des produits dont le matériau est à base de : caoutchouc (pneus, chaussures, jouets), plastique (emballage et stockage des aliments, jouets, téléphones portables) et tissus, textiles et vêtements (jouets textiles)⁸. Parmi les rares études en air intérieur sur les pesticides en France, il a été régulièrement quantifié (tableau 11) avec des concentrations pouvant monter jusqu'à 4 ng/m³. Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été quantifié en air extérieur mais il a été observé au moins à une reprise sur chaque site clos investigué avec des concentrations variant de 0,7 ng/m³ à 3,8 ng/m³.

Le lindane :

Le lindane est un insecticide organochloré interdit d'utilisation depuis 1998. Il est classé cancérigène et reprotoxique. Il a été très utilisé en agriculture mais également pour le traitement de la gale et des poux et pour la protection des bois (anti-termites). Ce composé dont la durée de vie est très longue, est très régulièrement retrouvé dans les études de surveillance des pesticides en air extérieur. Il est considéré comme un polluant organique persistant dans le sol. En fonction des conditions météorologiques, des sols et des méthodes de travail, le lindane se retrouve régulièrement dans l'atmosphère. (cf. rapports de Lig'Air). De même dans les études en air intérieur, c'est le pesticide le plus souvent mesuré (tableau 11) avec des concentrations très variables mais pouvant aller à plus de 100 ng/m³.

En air intérieur, cet insecticide n'a été quantifié que sur le site P2 au printemps et à l'automne. Les concentrations mesurées durant l'automne 2019 correspondent aux concentrations maximales de l'étude. Ce composé n'ayant pas été quantifié en air extérieur, l'hypothèse d'une source à l'intérieur du logement est privilégiée. La bibliographie sur ce composé indique que les niveaux les plus importants sont généralement associés à la présence de charpente et de poutres en bois ayant subi des traitements de désinfection même anciens.

La perméthrine :

La perméthrine est un insecticide de la famille des pyréthriinoïdes, perturbateur endocrinien et cancérigène probable. Il n'est pas autorisé à l'utilisation dans le secteur agricole mais autorisé pour une utilisation domestique et vétérinaire, c'est un biocide. On la retrouve dans les produits contre les insectes volants ou rampants, les anti-poux, dans les traitements antiparasitaires vétérinaires. Il fait partie des pesticides observés à plusieurs reprises dans les études similaires (tableau 11).

Cet insecticide a été quantifié dans la classe et dans le logement P2. La concentration maximale a été mesurée durant la 4^{ème} semaine de la campagne printanière avec une concentration à 5,4 ng/m³ dans l'habitation P2.

L'exploitation des questionnaires d'activités montre qu'un insecticide a été utilisé durant cette semaine dans le logement P2 (vaporisateur anti-mouche). Ce produit anti-mouche contient notamment de la tetraméthrine, du piperonyle et de la perméthrine. Rappelons ici que la concentration de 5,4 ng/m³ correspond à une moyenne hebdomadaire. Par conséquent, comme le produit a été utilisé en une seule fois, nous pouvons supposer que les concentrations ponctuelles sont bien supérieures à cette valeur.

Le piperonyl butoxide (PBO) :

Comme indiqué dans le chapitre III)B), le piperonyl butoxide est un synergisant des pyréthriinoïdes. C'est un cancérigène probable et un perturbateur endocrinien. Il fait partie des composés les plus utilisés, avec la perméthrine, par les ménages en France métropolitaine selon l'ANSES (étude Pesti'home⁹ de 2019).

⁸ <https://echa.europa.eu/fr/substance-information/-/substanceinfo/100.001.617>

⁹ [Etude Pesti'home](#) – Enquête nationale sur les utilisations domestiques de pesticides – ANSES-Septembre 2019

Il n'a été quantifié qu'une seule fois, dans le logement P2, semaine 4 du printemps 2021. Cette quantification à une concentration de 8,5 ng/m³ est simultanée avec la mesure de perméthrine. La source est probablement la même que pour la perméthrine, à savoir le produit contre les insectes volants. D'autant plus que ce dernier contient du piperonyl dans sa composition.

Lig'Air recommande de limiter l'utilisation de tels produits et de ventiler les pièces où ces insecticides sont malgré tout appliqués.

| Statistiques issues des rapports d'études nationaux air intérieur et pesticides | | | | | | |
|---|----------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|--|
| | Aspa – 2015 Ecole Niederau | Atmo Nouvelle Aquitaine - 2020 | Atmo Hauts- de-France 2013 | Aspa 2015 Maison Haute-pierre | Atmos'air Bourgogne 2006 | OQAI 2011 |
| Type d'espace clos | ERP | Logements | Logements | ERP | ERP | Logements |
| Anthraquinone | Non recherchée | | | | | |
| Diflufenicanil | 0,14 ng /m ³ | | | | | |
| Diphenylamine | | Moy : 0,3 ng /m ³ Max : 2,2 ng /m ³ | Moy : 1,95 ng /m ³ Max : 4 ng /m ³ | | | |
| Fenpropimorphe | | | Moy : 0,1 ng /m ³ Max : 0,2 ng /m ³ | 0,03 ng /m ³ | | |
| Lindane | 3,3 ng /m ³ | Moy : 15,2 ng /m ³ Max : 197 ng /m ³ | Moy : 3,2 ng /m ³ Max : 7,4 ng /m ³ | | Moy : 7 ng /m ³ Max : 35 ng /m ³ | Méd : <0,4 ng /m ³ Max : 11,7 ng /m ³ |
| Pentachloroanisole | Non recherchée | | | | | |
| Pentachlorophénol | | | Moy : 0,6 ng /m ³ Max : 4,1 ng /m ³ | | | |
| Perméthrine | | Moy : 0,2 ng /m ³ Max : 7,2 ng /m ³ | | 0,05 ng /m ³ | | Méd : <1 ng /m ³ Max : 2,1 ng /m ³ |
| Piperonyl butoxide | | Moy : 0,01 ng /m ³ Max : 0,31 ng /m ³ | | | | |
| Prosulfocarbe | | | Moy : 0,4 ng /m ³ Max : 3,6 ng /m ³ | | | |
| Tolylfluamide | | Moy : 0,5 ng /m ³ Max : 14,7 ng /m ³ | | | | |
| Triallate | Non recherchée | | | | | |

Tableau 11 : statistiques issues des études similaires de mesure des produits phytosanitaires en air intérieur

Cette analyse montre la présence dans l'air intérieur des 3 sites de notre étude de 3 molécules qui n'ont pas été recherchées dans les études des autres régions (anthraquinone, pentachloroanisole, triallate). Il est par conséquent intéressant d'intégrer ces molécules dans toutes les futures études

air intérieur visant la caractérisation des polluants en espace clos afin de dresser un état des lieux plus approfondi de ces composés.

Les autres substances ont été observées ailleurs. Les niveaux enregistrés dans cette étude sont dans la fourchette des concentrations rapportées dans la littérature. Il est à noter la rareté de ces études et des niveaux hétérogènes qu'elles rapportent. Ceci montre la difficulté de mettre en relief le comportement de ces substances dans ces milieux clos.

3- Comparatif Air intérieur / Air extérieur :

Si l'on compare avec les mesures réalisées en extérieur, on constate que parmi les 12 substances quantifiées en air intérieur, 6 d'entre elles sont aussi observées en air extérieur :

- Anthraquinone (corvicide) au printemps et à l'automne
- Diflufenicanil (herbicide) à l'automne
- Fenpropimorphe (fongicide) au printemps
- Pentachloroanisole (fongicide) au printemps
- Prosulfocarbe (herbicide) à l'automne
- Triallate (herbicide) à l'automne

Pour ces 6 pesticides, les niveaux en air intérieur sont majoritairement inférieurs ou égaux aux niveaux mesurés en air extérieur (tableaux 9 et 10).

Le tableau 12 présente les fréquences de quantification de ces molécules en fonction de la saison et des sites.

| | St-Hilaire Ext | | Classe | | P1 | | P2 | |
|--------------------|----------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | Automne | Printemps | Automne | Printemps | Automne | Printemps | Automne | Printemps |
| Anthraquinone | 3/3 | 4/5 | 2/3 | 0/4 | 2/3 | 0/3 | 2/3 | 1/2 |
| Diflufenicanil | 1/3 | 0/5 | 1/3 | 0/4 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 0/2 |
| Fenpropimorphe | 0/3 | 1/5 | 0/3 | 0/4 | 0/3 | 0/3 | 0/3 | 1/2 |
| Pentachloroanisole | 0/3 | 1/5 | 0/3 | 4/4 | 3/3 | 3/3 | 3/3 | 1/2 |
| Prosulfocarbe | 3/3 | 0/5 | 1/3 | 0/4 | 0/3 | 0/3 | 1/3 | 0/2 |
| Triallate | 3/3 | 1/5 | 1/3 | 0/4 | 0/3 | 0/3 | 1/3 | 0/2 |

Tableau 12 : Fréquence de quantification des molécules observées en air intérieur et en air extérieur (nombre de quantification/nombre d'échantillons validés)

Ce tableau montre que certaines molécules sont présentes essentiellement en air intérieur quelque soit la saison comme c'est le cas du pentachloroanisole. Ce composé est un produit de dégradation du pentachlorophénol, compte tenu de l'utilisation de cette dernière substance (Chapitre IV)(C)a)2), sa source d'émissions semble être majoritairement présente en air intérieur.

D'autres pesticides sont observés essentiellement en air extérieur mais majoritairement en saison automnale (prosulfocarbe et triallate). Ces composés sont des herbicides utilisés sur les grandes cultures et ils sont habituellement observés sur les autres sites régionaux de Lig'Air pendant la saison automnale où ils sont utilisés. L'exploitation des questionnaires d'activités n'a pas mis en évidence l'utilisation de traitement pour les plantes en air intérieur. Par conséquent, la présence de ces composés en espace clos trouve son explication par leur utilisation en air extérieur.

En ce qui concerne, l'anthraquinone qui est en même temps un corvicide interdit à l'utilisation et un polluant atmosphérique de la famille des HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques). Cette famille est émise lors de la combustion qu'elle soit mobile ou fixe (automobile, chauffage, industrie,

...). Lors de cette étude, elle a été observée sur tous les sites pendant la période automnale et principalement en air extérieur au printemps. Compte tenu de ses sources d'émissions, la présence de cette molécule semble être liée plus à la combustion qu'à une utilisation en tant que corvicide.

Pour la diflufenicanil et le fenpropimorphe, ils ont été observés ponctuellement sur l'un ou l'autre des sites étudiés. Aucune tendance claire ne semble se dégager même si la présence du fenpropidine au printemps semble être logique par rapport à son utilisation en tant que fongicide. De même pour l'herbicide diflufenicanil à l'automne en air ambiant.

Il est important de noter que les concentrations les plus élevées en air intérieur concernent des pesticides qui n'ont pas été quantifiés en air extérieur (perméthrine, lindane, piperonyl butoxide,...).

L'herbicide pendiméthaline est le pesticide dont les concentrations en air extérieur sont les plus élevées en termes de cumul durant cette étude. Ce pesticide est très régulièrement mesuré dans le cadre de la surveillance des pesticides dans l'air ambiant partout en France (tableau 8). Il n'a pas été quantifié en air intérieur. Les recherches bibliographiques montrent qu'il n'avait pas encore été recherché en air intérieur.

Il ressort de cette analyse que certaines substances observées en air intérieur peuvent avoir une origine extérieure mais aussi d'autres qui ont une origine purement intérieure ou liée aux comportements et activités des occupants.

c) Mesures des prélèvements semi-passifs

Cette dernière partie des résultats concerne les mesures des pesticides dans les poussières déposées sur les sols des environnements intérieurs. L'être humain peut être exposé à ces poussières par ingestion (mains-bouche), par contact cutané et par inhalation.

Le tableau 13 regroupe l'ensemble des résultats pour les 22 prélèvements réalisés.

Il en résulte que très peu de produits phytosanitaires ont été quantifiés dans les poussières récoltées. Seuls 3 composés sur les 106 recherchés ont été quantifiés : l'herbicide diflufenicanil, l'insecticide perméthrine et son synergisant le piperonyl butoxide. Pour rappel ces 2 derniers composés sont utilisés dans les produits anti-poux et les traitements antiparasitaires vétérinaires.

Dans le logement P1, aucun composé n'a été quantifié au printemps ni à l'automne.

Pour la classe et le logement P2, le printemps est la période où ces 3 pesticides ont été retrouvés. Aucun pesticide n'a été observé dans la classe durant la période automnale et ceci malgré le fort taux d'occupation par rapport aux autres logements. Les molécules les plus observées dans les poussières en classe sont celles utilisées pour la lutte contre les poux et les antiparasitaires.

La concentration maximale concerne la perméthrine et est enregistrée durant la troisième semaine de printemps dans le logement P2 avec 790 ng/g de poussière. Il existe peu d'études sur la mesure de pesticides dans les poussières en air intérieur. Toutefois, l'OQAI a étudié cette problématique en 2015¹⁰. Ainsi sur 145 échantillons de poussières de sacs d'aspirateur récoltés dans des logements de 2008 à 2009, la concentration médiane en perméthrine retrouvée est de 2 600 ng/g de poussière, soit 3 fois plus que la concentration maximale sur le site P2.

Les variations d'une semaine à l'autre confirment l'apport extérieur de ce type de pollution par les occupants de ces espaces clos.

| Unité : ng/g de poussière | Classe | | | | | | | | P1 | | | | | | | | P2 | | | | | | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 | Aut_T1 | Aut_T2 | Aut_T3 | Print_T1 | Print_T2 | Print_T3 | Print_T4 | Print_T5 |
| Diflufenicanil (H) | | | | | | | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Permethrine (I) | | | | 50 | | | 98 | | | | | | | | | | 25 | | | | 220 | 790 | 190 | |
| Pipéronyl butoxide (I) | | | | 46 | | | 78 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cumul | 0 | 0 | 0 | 96 | 0 | | 176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 220 | 790 | 190 | | |
| Nbr de SA détectées | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | |

Tableau 13 : concentrations des substances quantifiées dans les poussières dans les différents espaces clos à l'automne 2019 et au printemps 2021

Synthèse et conclusion

Contrairement aux autres polluants à effet sanitaire (PES), la présence des phytosanitaires dans l'air n'est pas due à un rejet dans l'atmosphère mais à leur utilisation pour la protection des végétaux contre les organismes nuisibles (adventices, insectes, champignons...). Leur présence dans l'air n'est soumise à aucune réglementation (nationale ou européenne).

Les études menées par Lig'Air, depuis plus de 20 ans, ont montré que les produits phytosanitaires sont bien présents en atmosphère urbaine comme en atmosphère rurale. Leurs niveaux présentent des variations saisonnières traduisant globalement leurs périodes d'utilisation. Dernièrement la campagne nationale exploratoire des pesticides (CNEP) menée par l'Anses, l'Ineris et la Fédération Atmo France entre 2018 et 2019 a permis d'établir une photographie annuelle nationale des niveaux de concentrations en résidus de pesticides dans l'air ambiant. A la suite de cette étude, les pesticides, polluants identifiés d'intérêt national depuis juin 2018¹¹ font l'objet d'un suivi à vocation pérenne dans l'air ambiant à l'échelle nationale à partir de juillet 2021.

Alors que nous passons plus de 80 % de notre temps dans des espaces clos, la caractérisation de ces composés dans ces espaces est beaucoup moins étudiée qu'en air ambiant (air extérieur). Ce manque d'information sur la présence et la caractérisation des produits phytosanitaires en air intérieur a été identifié dans le cadre du PRSE3 (Programme Régional Santé et Environnement 3) et fait l'objet d'une action prioritaire : l'action 3.

ACTION PRIORITAIRE

ACTION 3
Réaliser des mesures de pesticides dans des habitations et des établissements recevant le public en zone agricole
.....

| | |
|--|---|
| Descriptif Déterminer la nature et les niveaux des produits phytosanitaires présents à l'intérieur des habitations et des établissements recevant du public proches des zones agricoles. Cette étude sera couplée avec des mesures en air extérieur (cf. action B-1 sur l'air extérieur). Afin d'éviter les nuisances sonores non supportables par les occupants, le protocole sera basé sur les prélèvements de poussière dans les habitations par une méthode semi-passive. Les substances recherchées seront celles étudiées dans l'air extérieur ainsi que les molécules retrouvées dans les eaux. L'étude pourra être pilotée par un comité de pilotage dont les membres seront à identifier parmi les partenaires associés. | Porteur(s) de l'action Lig'Air Partenaires associés DRAAF, Chambre régionale d'agriculture, DREAL (SEB / SEIR), ARS, FNE, Conseil régional Centre-Val de Loire Calendrier Une année dans la période du PRSE3 (à définir au regard de l'action n°14 sur l'air extérieur) |
|--|---|

Le choix du site pour la réalisation de cette action a été porté sur la commune de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin (Loiret). Cette commune appartenant à la métropole orléanaise, a accepté de déclinier sur son territoire cette action. La commune de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin correspondait aux critères prérequis pour l'étude, à savoir : la présence de zones agricoles à proximité immédiate de l'école,

¹¹ [Polluants « émergents » dans l'air ambiant -ANSES – Juin 2018](#)

ainsi que des habitants volontaires pour participer à cette étude et des représentants du secteur agricole qui ont adhéré au projet.

Dès 2017, les porteurs de l'action, en particulier Lig'Air, la DREAL et l'ARS ont organisé des réunions pour apporter le plus d'information possible à la commune et aux habitants volontaires sur le déroulement de l'étude, réunions durant lesquelles un comité de pilotage a été constitué regroupant principalement des élus de la commune de Saint-Hilaires-Saint-Mesmin, les volontaires, des représentants des parents d'élèves, des représentants de l'académie Orléans-Tours, la direction de l'école, des représentants de la profession agricole, des représentants de la chambre d'agriculture, la région Centre-Val de Loire, des représentants du monde de la recherche, la DREAL, l'ARS et Lig'Air.

L'étude a été menée durant l'automne 2019 et le printemps 2021 sur 3 sites en air intérieur (2 habitations et une école élémentaire) et sur un site en air extérieur localisé dans la cour de l'école. Les prélèvements ont été réalisés sur un pas hebdomadaire simultanément sur les 4 sites étudiés. Ils ont été réalisés sur la base de 2 méthodologies distinctes l'une active visant l'échantillonnage des phases gazeuses et particulaires et l'autre dédiée uniquement aux poussières présentes sur le sol en air intérieur. Rappelons ici que cette période d'étude a été perturbée par la mise en place de confinements liés à la pandémie mondiale (COVID19).

La liste des molécules recherchées a été constituée en prenant en compte :

- La liste des substances priorisées par l'ANSES et l'historique des mesures (Lig'Air, AASQA et autres études),
- La présence de la molécule dans l'air (molécules très volatiles),
- L'achat et l'utilisation de la molécule dans la zone d'étude,
- La liste des molécules fournies par la COVETA (Centre Orléanais de Vulgarisation et d'Etudes des Techniques Arboricoles) au questionnaire de Lig'Air,
- La faisabilité du prélèvement et de l'analyse.

Au total, 106 molécules ont été recherchées en air intérieur comme en air extérieur durant les 8 semaines étudiées (3 semaines à l'automne 2019 et 5 semaines au printemps 2021). Les molécules observées en air extérieur sur le site de Saint-Hilaires-Saint-Mesmin (10 substances) sont généralement observées sur les autres sites de suivi des pesticides en région Centre-Val de Loire, en particulier le site de Saint-Jean-de-Braye (Loiret) et à des niveaux comparables.

Sur les 106 molécules recherchées, 18 substances ont été quantifiées sur l'ensemble de l'étude (tous sites confondus intérieurs comme extérieur). Six molécules ont été observées en air intérieur et en air extérieur : anthraquinone, [diflufenicanil](#), [fenpropimorphe](#), pentachloroanisole, [prosulfocarbe](#), [triallate](#)). Parmi ces 6 molécules, seulement 4 d'entre elles sont encore utilisées en tant que produit phytosanitaire (molécules en bleu). Les concentrations de ces 4 molécules sont globalement inférieures ou égales en air intérieur à celles enregistrées en air extérieur laissant ainsi entendre que la source de ces substances est plutôt externe.

L'anthraquinone, corvicide interdit à l'utilisation, fait aussi parti de la famille des HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique) dont la combustion peut être considérée comme étant sa principale source d'émission intérieure comme extérieure. Le pentachloroanisole a été observé une seule fois en air extérieur à une concentration proche de la limite de quantification alors qu'il a été observé à plusieurs reprises dans les différents espaces clos.

En air intérieur, 12 pesticides ont été quantifiés sur l'ensemble des échantillons, tous sites confondus. Sur chaque prélèvement, des pesticides ont été quantifiés. La nature ainsi que les niveaux varient d'un prélèvement à un autre. Cette présence montre que l'air intérieur n'est pas exempt de ces polluants et que nous respirons ces produits aussi bien en air en extérieur qu'en air intérieur.

Signalons ici que le nombre de molécules observées en air intérieur est supérieur à celui en air extérieur (10).

Parmi les 12 molécules, 6 d'entre elles ont été observées en air intérieur et en air extérieur, les 6 autres ont été observées uniquement en air intérieur (Diphénylamine, Lindane, Pentachlorophénol, Permethrine, Pipéronyl butoxide, Tolyfluanide). Toutes ces molécules, à l'exception de la Pipéronyl butoxide qui a été observée uniquement dans le logement P2, sont interdites à l'usage agricole.

La diphénylamine, composé interdit à l'usage agricole mais encore utilisé dans la fabrication des nombreux matériaux, a été observée sur les 3 espaces clos.

Le permethrine, composé utilisé dans les produits antiparasitaires a été observé dans la classe et dans l'une des habitations (P2). Ce dernier logement renferme aussi les 4 autres pesticides et en particulier le lindane dont les concentrations étaient parmi les plus élevées que Lig'Air a mesuré (en air extérieur). Rappelons ici que le lindane est un insecticide interdit depuis 1998 et qui a été aussi utilisé dans le traitement du bois. Les occupants de ce logement doivent veiller, à minima, à améliorer la ventilation et l'aération de leur habitat afin de réduire leur exposition à ces substances.

La présence de ces pesticides uniquement en air intérieur, implique la présence de sources internes de ces composés dans ces espaces clos. Ces sources peuvent être liées au bâtiment (charpente, poutres, peintures, ...) ou aux éléments meublants (meubles, fauteuils, ...) ou encore aux activités des occupants (bricolage, traitement des animaux, traitement antipoux,...).

Parmi les 12 substances observées en air intérieur, 3 d'entre elles, à notre connaissance, n'ont jamais été recherchées au niveau national en air intérieur (anthraquinone, pentachlorianisole, triallate). En dehors du triallate, utilisé sur les grandes cultures, les 2 autres sont interdites à l'usage agricole. Une information sur la présence de ces molécules en air intérieur au niveau national sera faite par Lig'Air afin de généraliser la recherche de ces molécules dans les futures études en air intérieur.

Les résultats de cette étude peuvent être considérés comme un aperçu de la présence et de la caractérisation des pesticides en air intérieur. Ils ne sont pas généralisables à l'ensemble des espaces clos qui se distinguent chacun par sa construction, son aération, par les activités de ses occupants et par son environnement. Des études complémentaires sur ce sujet sont nécessaires afin d'améliorer les connaissances en distinguant les espaces clos par leur activité et par leur structure.

Enfin, pour limiter l'accumulation des polluants provenant de sources structurelles (bois par exemple) ou d'activité humaine (utilisation d'antiparasitaires...), Lig'Air recommande la mise en place d'un système de VMC et, a minima, une bonne aération des pièces par ouverture des fenêtres lors d'activités émettrices de polluants, dans l'idéal, une aération des espaces clos est conseillée quotidiennement pendant 20 mn.

Lig'Air tient à renouveler ses remerciements pour l'accueil et la participation active de la commune, des volontaires et les membres du COPIL.

Mode de vie des occupants

1) Présence d'animaux à l'intérieur de l'habitation :

Nombre d'animaux domestiques :

Type d'animaux domestiques :

Chien Chat Oiseaux Rongeur

Reptile Autre (préciser) :

Le (ou les) animaux sont-ils traités (antiparasite,...) : Oui Non

Si oui, quel est le nom du (ou des) traitement(s) :

2) Présence de plantes

Présence de plantes dans le bâtiment : Oui Non

Le (ou les) plantes sont-elles traitées : Oui Non

Si oui, quel est le nom du (ou des) traitement(s) :

3) Tabagisme

Présence de fumeur : Oui Non

Si oui : Combien ?

Ces personnes fument : à l'intérieur de l'habitation
 à la fenêtre ou la porte
 à l'extérieur

4) Moisissure :

Y a-t-il présence de moisissures dans la maison :

Oui Non

Si oui, dans quelle(s) pièce(s) :

Un traitement a-t-il été réalisé : Oui Non

Si oui, quel est le nom du traitement :

5) Traitements aux champs :

Lorsque vous effectuez des traitements dans vos champs, êtes-vous équipés d'une tenue spécifique ? : Oui Non

Si oui, rentrez-vous dans la maison avec cette tenue ?

Si oui, où vous changez vous ?

Si non, rentrez-vous dans l'habitation après traitement sans changement ?

6) Remarques :

Type de mobilier majoritaire, périodes de traitements des cultures, type de produits :

Contacts au sein de Lig'Air :

Margaux Breitbach et Corinne Robin – tél. 02-38-78-09-49

Lig'Air

Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

260 avenue de la Pomme de Pin
45590 SAINT-CYR-EN-VAL
Tel : 02-38-78-09-49
Mail : ligair@ligair.fr

d) Questionnaire d'activités



Campagne de mesures de pesticides dans des habitations et des établissements recevant le public en zone agricole.

Questionnaire activités particulier

Réf :
ETU_PRSE3_A3_2019
_Questionnaire_activités_particulier

Lig'Air
Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

Questionnaire d'activités

Adresse du bâtiment :

45 160 Saint-Hilaire-Saint-Mesmin.....

Période : du novembre au novembre 2019

1) Présence des occupants :

Au cours de cette semaine, l'habitation était occupée :

- toute la journée, toute la semaine
 en dehors des heures de travail (nuit, week-end,...)
 la maison était vide

2) Utilisation de la cheminée :

- Tous les jours
 1 à 3 fois durant la semaine
 pas de flambée cette semaine

3) Animaux domestiques :

Avez-vous traités vos animaux domestiques cette semaine ?

- Oui Non

Si oui, quel est le nom du (ou des) traitement(s) :

4) Plantes d'intérieur :

Avez-vous traités vos plantes d'intérieur cette semaine ?

- Oui Non

Si oui, quel est le nom du (ou des) traitement(s) :

5) Aération par les occupants

Durée moyenne d'ouverture journalière des ouvrants extérieurs des pièces (fenêtres, portes-fenêtre et/ou portes) : (Cocher la réponse/les réponses)

- Lors de la présence d'occupants
 15 à 20 minutes par jour
 Rarement
 Jamais

6) Tabagisme :

Y va-t-il eu des fumeurs à l'intérieur de l'habitation cette semaine ?

- Oui Non

7) Travaux d'intérieur :

Au cours de cette semaine, avez-vous réalisé des travaux de bricolage à l'intérieur de votre maison ?

- Oui Non

Si oui, de quel type ?

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire d'activités
2 / 4

8) Air extérieur :

Au cours de cette semaine, avez-vous constaté dans l'environnement proche de votre habitation, des épandages de produits phytosanitaires ?

- Oui Non

Si oui, combien ?

- plusieurs fois par jour de cette semaine
 une fois par jour
 1 à 3 fois au cours de la semaine

Si oui, sur quel type de culture ?

9) Remarques :

Contacts au sein de Lig'Air :
Corinne Robin et Abderrazak YAHYAOUJ – tél :02-38-78-09-49

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire d'activités
3 / 4

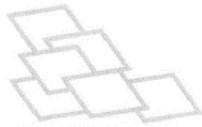
Lig'Air

Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

260 avenue de la Pomme de Pin
45590 SAINT-CYR-EN-VAL
Tel : 02-38-78-09-49
Mail : ligair@ligair.fr

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire d'activités
4 / 4

Annexe 2 – Réponse questionnaire COVETA



Campagne de mesures de pesticides dans des habitations et des établissements recevant le public en zone agricole.

Questionnaire général agricole



Ref :
ETU_PRSEB_A3_2019
Questionnaire_général_agricole

Introduction

Afin d'établir une liste des substances à rechercher dans le cadre de l'étude, Lig'Air sollicite les agriculteurs de Saint-Hilaire-Saint-Mesmin avec le questionnaire général ci-dessous. L'objectif est de renseigner le tableau ci-après avec la liste des produits phytosanitaires généralement utilisés sur ce territoire, les périodes classiques d'utilisation, le type de culture visée ainsi que les quantités.

En fonction des réponses qui seront regroupées, Lig'Air adaptera la liste des substances actives qui seront recherchées en air intérieur et en air extérieur durant la période 2019-2020.

Tableau d'information sur les pratiques générales

Questionnaire générale sur l'utilisation des produits phytosanitaires sur Saint-Hilaire-Saint-Mesmin
ARBORICULTURE

| Nom de la substance active | Nom du produit commercial | Type de culture (céréales, céréales, pommier, vigne...) | Période générale d'utilisation (mois) | Quantité (en kg) |
|----------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|------------------|
| 2,4 D | CHARDO LEO | vergers | nov / Avr/Mai | 1,6 / Ha |
| Sulfate de fer | B BORDEAUX | o | nov / Mars | 5,5 / Ha |
| Propiconazole | KERS PRO | o | nov | 1,875 / Ha |
| Phosphore | BARCLAY | o | nov / Avr/Mai | 2 / Ha |
| Isocyaure | CEINT 7 | o | Avr/Mars | 2 / Ha |
| Lamda cyhalothrine | EXARTE 200 | o | Mars à Mai | 0,075 / Ha |
| Acidochlorifate | NEUTRALIS | o | Mars à Mai | 2 / Ha |
| Spiridol | SUCCESS 9 | o | Mars à Mai | 0,2 / Ha |
| Flonicamid | TEPPER | o | Mars à Mai | 0,14 kg / Ha |
| Captaf | SIG NADO | o | Mars à Mai | 1,1 kg / Ha |
| Imazalib | DITHANE MITE | o | Mars/Avr | 2 kg / Ha |
| Soufre | MICROTHALP | o | o | 5 kg / Ha |
| Écran e | CARBANITE | o | o | 2,5 kg / Ha |
| Deltaméth | DELTA 100 | o | o | 0,25 kg / Ha |

Peu utilisés en vergers

Spécialité en arboriculture

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire général agricole 2/4

Questionnaire générale sur l'utilisation des produits phytosanitaires sur Saint-Hilaire-Saint-Mesmin

| Nom de la substance active | Nom du produit commercial | Type de culture (céréales, céréales, pommier, vigne...) | Période générale d'utilisation (mois) | Quantité (en kg) |
|----------------------------|---------------------------|---|---------------------------------------|------------------|
| Lymetrial | CHOROS | o | Mars - Mai | 0,45 kg / Ha |
| Diflufenicanol | SCORE | VERGERS | | |
| Syméthiothiazine | SWI VERT | CERISE | Mars - Mai | 0,2 kg / Ha |
| Do DINE | SYLLITAX | VERGERS | o | 1,25 / Ha |
| myclothiazine | Sylthone flex | CERISE | o | 2,4 / Ha |
| thiofanate méthyl | TOPSIN | VERGER | o | 1 kg / Ha |
| Bisacrol Pyraclostrobine | SIGNUM | CERISE | Mai | 0,75 / Ha |
| carbendazim | KAUCA | VERGER | Mars - Mai | 2 / Ha |
| Fluopyram | LUNA EXP | VERGER | o | 0,5 / Ha |
| Pyriprothène | ADIRALDO | VERGER | Mars | 0,3 / Ha |

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire général agricole 3/4



Surveillance de la qualité de l'air en région Centre-Val de Loire

260 avenue de la Pomme de Pin
45590 SAINT-CYR-EN-VAL
Tel : 02-38-78-09-49
Mail : ligair@ligair.fr

Lig'Air – Mesures des produits phytosanitaires en air intérieur – Questionnaire général agricole 4/4

Annexe 3 – Limites de quantification

| Substance active | Limite de quantification en ng/échantillon |
|-------------------------------------|--|
| 2,4 D | 100 |
| 2,4 DDT | 20 |
| 4,4 DDE | 20 |
| 4,4 DDT | 20 |
| Acétamipride | 100 |
| Acétochlore | 20 |
| Aclonifen | 20 |
| Aldrine | 20 |
| Anthraquinone | 20 |
| Atrazine | 20 |
| Azoxystrobine | 20 |
| Boscalid | 20 |
| Captane | 100 |
| Carbaryl | 20 |
| Carbetamide | 20 |
| Chlordane (cis, trans) | 20 |
| Chlorothalonil | 100 |
| Chlorpropham | 20 |
| Chlorpyrifos-methyl | 20 |
| Chlorpyrifos-ethyl | 20 |
| Chlorotoluron | 20 |
| Clomazone | 20 |
| Cyazofamide | 20 |
| Cyfluthrine | 100 |
| Cymoxanil | 20 |
| Cyperméthrine et zeta cyperméthrine | 100 |
| Cyprodinil | 20 |
| Deltaméthrine | 100 |
| Dichlorvos | 20 |
| Dicofol | 100 |
| Dieldrine | 20 |
| Difénoconazole | 20 |
| Diffufenican | 20 |
| Dimethachlore | 20 |
| Dimethenamid-p | 20 |
| Diméthomorphe | 20 |
| Dimpylate (ou diazinon) | 20 |
| Diphenylamine | 100 |
| Dithianon | 20 |
| Diuron | 20 |
| Dodine | 20 |
| Endosulfan | 100 |
| Epoxiconazole | 20 |
| Ethion | 20 |
| Ethofumesate | 20 |
| Etofenprox | 20 |
| Fenbuconazole | 20 |
| Fenhexamid | 20 |
| Fenpropidine | 20 |
| Fenpropimorphe | 20 |
| Fipronil | 20 |
| Flonicamide | 20 |
| Fluazinam | 100 |
| Fludioxonil | 20 |
| Flufenoxuron | 20 |
| Flumetraline | 20 |
| Fluopyram | 20 |
| Folpel | 100 |
| Heptachlore | 20 |
| Imidaclopride | 20 |
| Indoxacarb | 20 |

| | |
|-------------------------|-----|
| Iprovalicarb | 20 |
| Isoxabene | 20 |
| Kresoxim-methyl | 20 |
| Lambda-cyhalothrine | 20 |
| Lenacil | 20 |
| Lindane | 20 |
| Malathion | 20 |
| Métamitrone | 20 |
| Metazachlor | 20 |
| Metconazole | 20 |
| Myclobutanil | 20 |
| Napropamide | 20 |
| Oryzalin | 100 |
| Oxadiazon | 20 |
| Parathion methyl | 20 |
| Pendimethaline | 20 |
| Pentachloroanisole | 20 |
| Pentachlorophénol (PCP) | 100 |
| Permethrine | 20 |
| Phosmet | 20 |
| Pipéronyl Butoxide | 20 |
| Procymidone | 20 |
| Propiconazole | 20 |
| Propoxur | 20 |
| Propyzamide | 20 |
| Prosulfocarbe | 20 |
| Pyraclostrobine | 20 |
| Pyrimethanil | 100 |
| Pyrimicarbe | 20 |
| Pyriproxyfen | 20 |
| Quinoxifen | 20 |
| S-métolachlor | 20 |
| Spinosad | 20 |
| Spirotetramat | 20 |
| Spiroxamine | 20 |
| Tébuconazole | 20 |
| Terbutylazine | 20 |
| Thiaclopride | 20 |
| Thiophanate-methyl | 20 |
| Thirame | 20 |
| Tolyfluanid | 20 |
| Triallate | 20 |
| Trifloxystrobin | 20 |
| Trifluraline | 20 |
| Zirame | 100 |



Surveillance de la qualité de l'air
en région Centre-Val de Loire

**SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR
EN REGION CENTRE-VAL DE LOIRE**

260 avenue de la Pomme de Pin
45590 SAINT-CYR-EN-VAL

Tél. : 02.38.78.09.49

Fax : 02.38.78.09.45

Mail : ligair@ligair.fr

www.ligair.fr

