



Master 2 Santé publique – Parcours METEORES

Promotion : **2022-2023**

Date du Jury : **Septembre 2023**

Pesticides dans l'air : contaminations et expositions

Killian GUILLAUME

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mes responsables de formations au sein de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, Messieurs Pierre LE CANN et Philippe GLORENNEC qui m'ont aidé dans ma recherche de stage et qui ont répondu à mes nombreuses sollicitations. Je remercie également Monsieur Olivier BLANCHARD, mon référent pédagogique, pour avoir répondu à mes questions lors de mes sollicitations.

Je tiens à remercier mes maîtres de stages, Madame Nathalie BONVALLOT et Monsieur Olivier LE BIHAN. Je les remercie pour leurs accueils, le temps passé ensemble et le partage de leurs expertises. Grâce à leurs confiances et leurs conseils j'ai pu m'épanouir complètement dans mes missions. Je suis heureux et reconnaissant de continuer mon parcours en leurs compagnies. J'adresse un remerciement particulier à Monsieur Olivier CESBRON, qui m'a encadré au quotidien lors de ce stage et qui m'a énormément aidé et soutenu tout au long de cette expérience au sein de l'entreprise.

Je remercie également toutes les équipes de l'association AIR BREIZH et plus particulièrement le service étude. Merci pour votre accueil, votre esprit d'équipe.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont conseillé et relu lors de la rédaction de ce rapport. Je remercie tout particulièrement Ayline pour la relecture avisée qu'elle a réalisée sans se tirer les cheveux.

Je remercie également mes camarades de la promotion METEORE 2022/2023. Merci pour cette année riche en émotions et en rencontres.

Sommaire

1.	Introduction.....	3
1.1.	La qualité de l'air, un enjeu de santé publique.....	3
1.2.	Les pesticides	3
1.2.1	Définitions	3
1.2.2	Pesticides et santé publique	5
1.2.3	Les pesticides dans l'air	7
1.3.	Contexte opérationnel, objectif du mémoire et questions de recherche associées 8	
	Matériel et méthodes.....	10
2.1	Analyse historique des concentrations en pesticides dans l'air.....	10
2.1.1	Prise en compte des biais	10
2.1.2	Modalité d'étude historique	11
2.2	Relation entre la contamination de l'air et les usages des pesticides.....	12
2.2.1	Choix de l'année et de la zone d'étude.....	12
2.2.2	Choix des substances actives	12
2.2.3	Données règlementaires sur les usages	13
2.2.4	Données de vente : présentation de la base nationale des ventes distributeurs BNV-d 14	
2.2.5	Méthode d'exploitation de la base BNV-d.....	15
2.3	Expositions aux pesticides	18
2.3.1	Site et population d'étude.....	18
2.3.2	Identification des substances	19
2.3.3	Mise en perspective des expositions via l'air avec les autres sources / voies 19	
3	Résultats	21
3.1	Historique de la mesure	21
3.1.1	Site retenu.....	21

3.1.2	Variation historique par famille d'usage des pesticides : herbicides, fongicides, insecticides.....	23
3.1.3	Variations historiques par substances actives	24
3.2	Relation entre la contamination de l'air et les usages des pesticides.....	27
3.2.1	Approche par zone d'usage des pesticides	27
3.2.2	Approche par familles d'usage de pesticides.....	27
3.2.3	Approche par substances actives.....	28
3.2.4	Corrélation entre la vente et la mesure.....	30
3.3	Expositions aux pesticides	32
3.3.1	Mise en perspective avec d'autres sources d'expositions.....	32
4	Discussion	34
4.1	Historique de la mesure	34
4.2	Relation entre la mesure et les usages	38
4.3	Exposition aux pesticides	41
5	Conclusion.....	43
	Bibliographie	45
	Liste des annexes	I
	Annexe 1 : Historique des campagnes	II
	Annexe 2 : Moyennes des concentrations hebdomadaires par famille printemps 2021	III
	Annexe 3 : DJE par ingestion calculées à partir des résultats obtenus lors de l'étude EAT2	IV

Liste des sigles utilisés

AASQA : Associations agréée pour la surveillance de la qualité de l'air
ACTA : Association de coordination technique agricole
AMM : Autorisation de mise sur le marché
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS : Agence régional de santé
BNV-d : Base national des ventes distributeurs
CNEP : Campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air ambiant
DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de Bretagne
EAT : Etude de l'alimentation totale
ECHA : Agence européenne des produits chimiques
EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments
ELFE : Étude Longitudinale Française depuis l'Enfance
EPCI : Établissement public de coopération intercommunale
ESTEBAN : Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition
INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques
INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques
INSERM : Institut national de la santé et de la recherche médicale
LCSQA : Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air
LD : Limite de détection
LQ : Limite de quantification
MSA : Mutualité sociale agricole
OMS : Organisation mondiale de la santé
RPD : Redevance pour pollution diffuses
SAU : Surface agricole utilisée
SPF : Santé publique France
ZA : Zone agricole
ZNA : Zone non agricole

1. Introduction

1.1. La qualité de l'air, un enjeu de santé publique

En moyenne nous respirons **15 000 litres d'air en 24h**, cela varie en fonction de nos activités. A titre de comparaison, la masse d'air inhalée quotidiennement est 10 à 20 fois plus importante, que notre consommation en eau ou en nourriture.

Les expertises basées sur les études scientifiques publiées de longue date montrent l'importance de la qualité de l'air sur la santé des populations. Selon Santé Publique France (SPF), **chaque année, près de 40 000 décès prématurés seraient attribuables à une exposition des personnes âgées de 30 ans et plus aux particules fines (PM_{2,5})** (SPF, 2021b). Au niveau mondial, d'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la charge de morbidité imputable à la pollution atmosphérique est aujourd'hui estimée au même niveau que d'autres risques sanitaires majeurs, tels qu'une mauvaise alimentation et le tabagisme. De plus, la pollution atmosphérique est aujourd'hui reconnue comme l'une des plus grandes menaces environnementales pour la santé humaine (World Health Organization, 2021).

La Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996 (dite loi LAURE) reconnaît à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Ce texte, aujourd'hui intégré au Code de l'Environnement (article L. 221-1 à L. 221-6), prévoit une surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire national et une information du public à travers un dispositif national de surveillance. Cette surveillance est portée par les Association Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'air (AASQA). Les AASQA sont agréées par le ministère de la transition écologique, selon un cadre réglementaire défini par l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant¹. Chaque région administrative française dispose d'une AASQA faisant partie de la fédération ATMO.

1.2. Les pesticides

1.2.1 Définitions

« Pesticide » vient du latin *Pestis* : fléau et *Caedere* : tuer. Ce terme est souvent associé aux produits utilisés en agriculture pour lutter contre les adventices ou protéger les cultures des nuisibles comme les insectes ravageurs ou les organismes vecteurs de maladie tel que les champignons. Il s'agit d'un mot générique qui rassemble différents types de produits à usages très variés. Le terme « pesticide » regroupe ainsi les produits phytopharmaceutiques (santé des plantes), les produits biocides (élimination d'organismes nuisibles pour la protection de l'homme, des locaux, des surfaces et matériaux) ainsi que

¹ (Arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, 2021)

les produits antiparasitaires (usages vétérinaires ou humains). Dans la suite du propos l'utilisation du terme « pesticide » fera référence aux « produits phytopharmaceutiques ». Les produits phytopharmaceutiques sont des préparations composées de substances actives, utilisées seules ou en mélange, et de co-formulants qui agissent sur les organismes vivants pour les éliminer, les tuer, les contrôler ou encore les repousser (Règlement (CE) no 1107/2009, 2009). Les substances utilisées sont d'origine naturelle ou de synthèse. Elles sont très hétérogènes, notamment en raison de leur toxicité et de leurs propriétés physico-chimiques comme leur solubilité, leur volatilité ou encore leur rémanence dans l'environnement. Ces propriétés influencent leur transfert et persistance dans les divers compartiments de l'environnement (air, eau, sol).

Pour obtenir une autorisation de mise sur le marché et donc pour être vendus, les pesticides doivent être évalués. A ce titre plusieurs acteurs entrent en jeu : les substances actives sont évaluées à l'échelle européenne par l'autorité européenne de sécurité des aliments ou EFSA (figure1) qui missionne un état membre de l'union de réaliser l'évaluation. Cette dernière autorise ou non l'utilisation des différentes substances sur les territoires nationaux des pays membres de l'union européenne. Ce dispositif vise à définir les conditions d'utilisations des substances actives pour protéger l'environnement et les personnes exposées. Dans ce cadre, il doit être démontré que le risque lié à l'usage de la substance est acceptable. Cela concerne l'exposition directe au moment de l'application, l'exposition à proximité de l'application, et l'exposition alimentaire par les résidus de pesticides.

Pour cela, des études toxicologiques sont réalisées afin de définir des doses toxicologiques de référence comme les **DJA** (Dose Journalière Admissible), les **AOEL** (Acceptable Operator Exposure Level) ou encore les **DRE** (Délai de ré-entrée)².

Ce dispositif traite le plus souvent des substances prises individuellement les unes aux autres et n'intègre pas toujours les expositions par toutes les voies (orale, respiratoire, cutanée) et sources (alimentation, usages directs lors de l'utilisation, usage des milieux contaminés...).

Une fois la substance active autorisée au niveau européen, les pesticides doivent être homologués par une instance nationale. En France c'est l'ANSES, depuis 2015, qui a la charge de l'octroi des autorisations de mise sur le marché de ces produits (figure 1). Comme pour les substances actives, cette autorisation vise à définir les conditions d'utilisations et les marges de sécurité pour protéger l'environnement et l'ensemble des personnes exposées.

² C'est un délai à respecter entre le moment où l'on traite et le retour sur la parcelle traitée (Baldi et al., 2014)

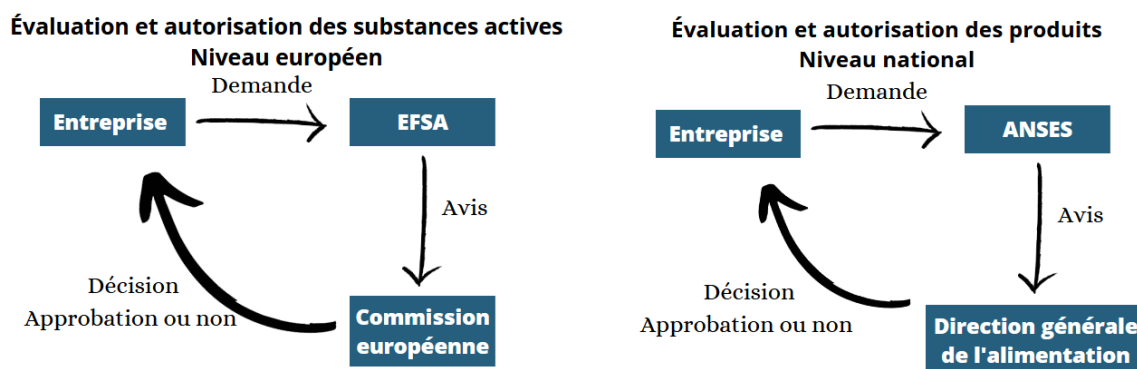


Figure 1: Schéma simplifié homologation des substances

1.2.2 Pesticides et santé publique

L'impact néfaste des pesticides sur la santé est aujourd'hui bien documenté dans différentes conditions d'expositions humaines. Pour des expositions aiguës, chez les professionnels qui appliquent les produits, des troubles neurologiques et neuromusculaires, des troubles hépato-digestifs et des manifestations cutanées sont rapportés (MSA, 2015, 2019). En population générale, les intoxications aux pesticides représentaient en 2018 quelques centaines de cas. Les symptômes le plus souvent rapportés étaient principalement locaux (troubles digestifs, irritations cutanées, oculaires, gêne respiratoire), les troubles systémiques (neurologiques ou cardiovasculaires) ne concernant que 17 % des cas (ANSES, 2021). Pour des expositions chroniques, les résultats des études épidémiologiques, corroborées aux données toxicologiques, montrent que les pesticides sont impliqués dans les pathologies suivantes, avec des présomptions fortes selon l'Inserm : **allergies** (dermatites de contact, rhinites et asthme chez les professionnels), **cancers** (lymphome non hodgkinien, myélome multiples et cancer de la prostate pour les travailleurs ; leucémies et tumeurs du cerveau lors d'expositions in utero), **troubles neurologiques** (diminution des performances cognitives, anxiété chez les enfants exposés in utero ou les travailleurs ; maladie de Parkinson et expositions professionnelles), et **malformations congénitales** (expositions in utero) (INSERM, 2013, 2021).

L'étude des déterminants des expositions montre que l'exposition des populations aux pesticides est multi-source et multi-voie (Blair et al., 2015) comme le montre la figure 2. Il existe une exposition alimentaire, car on retrouve des résidus de pesticides dans les aliments (Mir et al., 2022) s'ils ont été traités mais également en cas de contamination des cultures par une substance utilisée sur une parcelle adjacente ou en cas de l'usage d'un sol contaminé. Il est également possible d'être exposé via l'eau de boisson (El-Nahhal & El-Nahhal, 2021). La présence dans les sols des pesticides est également avérée (Geissen et al., 2021), ce qui suppose une exposition respiratoire par la remise en suspension liée à

l'érosion aérienne. De même, l'ingestion de poussière est considérée comme une voie d'exposition aux pesticides (Richards et al., 2016). Enfin, des expositions cutanées sont également suggérées dans la littérature par la présence des pesticides dans l'air ambiant (Kim et al., 2017). Enfin, outre l'ingestion d'aliments et d'eau potable, l'inhalation de l'air ambiant pourrait constituer une voie d'exposition importante aux pesticides (Yusà et al., 2014).

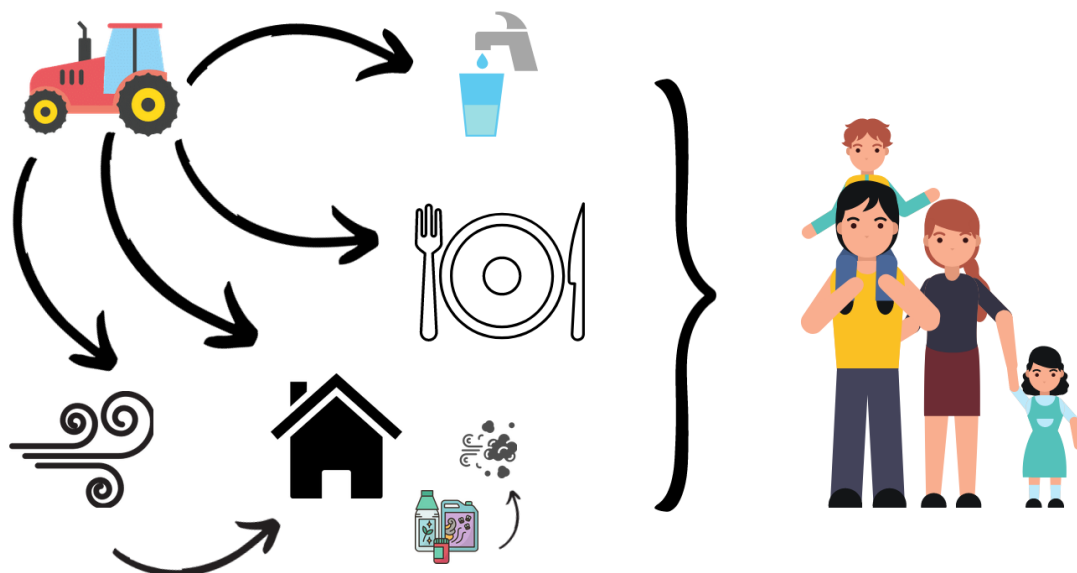


Figure 2: Schéma conceptuel de l'exposition de la population aux pesticides

En France, à ce jour, les expositions alimentaires sont de mieux en mieux documentées, en particulier grâce à la mise en œuvre des études « alimentation totale » de l'ANSES (EAT1, EAT2, EAT infantile). Concernant l'eau de boisson, le dispositif de surveillance réglementaire coordonné par le ministère de la santé et les Agences Régionales de Santé (ARS), assure un suivi des niveaux de pesticides dans l'eau du robinet, ce qui permet d'estimer l'exposition de la population de manière précise par cette voie. En revanche, les expositions par les autres voies et médias (air et poussière, environnement intérieur ou extérieur par exemple) sont plus difficiles à capter (pas de suivi régulier). Pourtant, les résultats des études et programmes de biosurveillance français (volet environnemental du programme national nutrition santé, étude Elfe, Esteban par exemple) font état d'une exposition généralisée de la population pour les molécules analysées (organochlorés, organophosphorés, pyréthriinoïdes, fipronil, atrazine, 2,4-D, glyphosate, propoxur...), avec certaines tendances (exemple de la diminution des niveaux d'organophosphorés dans le temps pouvant être expliqué par un durcissement réglementaire) (SPF, 2021a).

1.2.3 Les pesticides dans l'air

En agriculture, les pesticides sont le plus souvent appliqués via pulvérisation (Langenbach et al., 2021) sur le sol et les plantes. Les transferts dans l'air peuvent s'effectuer par dérive au moment de l'application, volatilisation à partir des sols et des plantes, et érosion éolienne sous forme de poussière de sols traités (figure 3). Les transferts observés peuvent être immédiats ou durer jusqu'à quelques semaines après l'application des produits sur les parcelles (Tudi et al., 2021).

Malgré ce phénomène de transfert, les pesticides ne font pas partie, aujourd'hui, de la liste des polluants réglementés dans l'air ambiant stipulés dans l'article R221-1 du code de l'environnement, à l'inverse des particules fines, des oxydes d'azote ou du dioxyde de soufre.

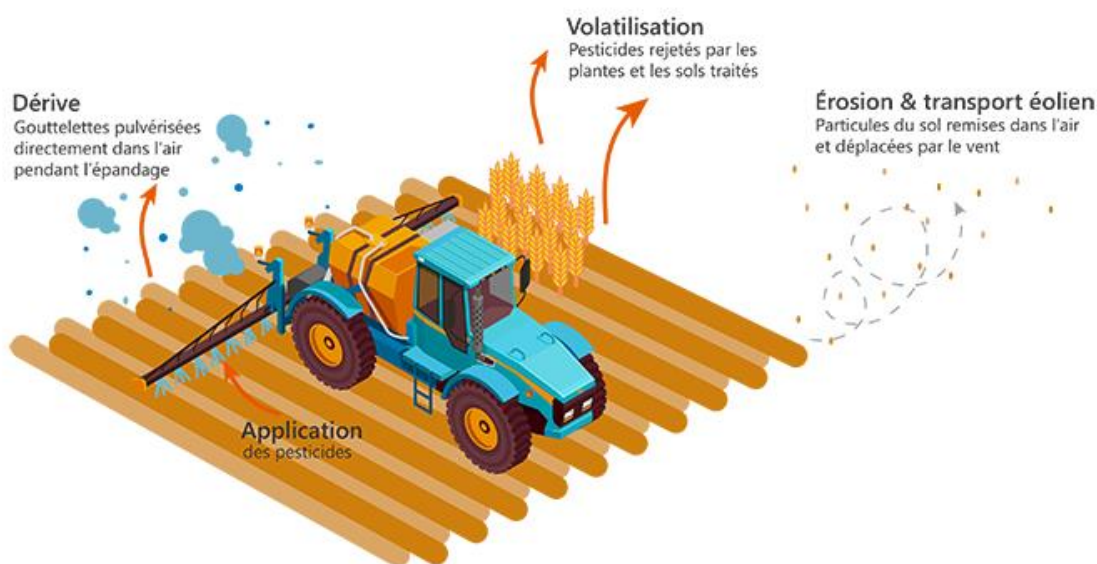


Figure 3: Présence des pesticides dans l'air. Source : Atmo Nouvelle Aquitaine

Des limitations de rejet dans l'atmosphère pour certaines substances « POP » (polluants organiques persistants) ont cependant été fixées au vu de leur stabilité dans l'environnement³. Du fait d'une réglementation quasi inexistante, la surveillance des pesticides n'est pas intégrée au système de surveillance réalisé par les AASQA. Les associations ont mis en œuvre depuis 2001 des campagnes spécifiques de mesure de substances actives dans l'air selon diverses méthodologies. Afin de normaliser l'étude des pesticides dans l'air, en termes de substances recherchées et de méthodologie de

³ Le protocole d'Aarhus (ONU, 1998) interdit la fabrication et l'utilisation de 16 polluants organiques persistants, dont 12 SA comme le lindane ou le DDT. La convention de Stockholm de 2001 (ONU, 2009) vise quant à elle l'interdiction et l'élimination des déchets de ces produits.

prélèvement, une campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air (CNEP)⁴ a été réalisée en 2018/2019.

Grâce à un protocole harmonisé, cette campagne nationale a permis de mesurer 75 substances sur 50 sites couvrant des situations variées et répartis sur l'ensemble du territoire national (Métropole et DROM). Le recueil de près de 100 000 données validées et l'analyse de 1 800 échantillons correspondants permet d'établir un socle de données qui participe à l'amélioration des connaissances sur les résidus de pesticides présents dans l'air. Sur les 75 substances recherchées, 70 substances ont été détectées au moins une fois au cours de la campagne et 5 substances n'ont jamais été détectées.

1.3. Contexte opérationnel, objectif du mémoire et questions de recherche associées

Avec le soutien de l'ARS Bretagne, Air Breizh a élaboré une stratégie régionale de surveillance permettant de poser un cadre d'action pour son activité sur le territoire, dans le but de contribuer à l'amélioration des connaissances sur les pesticides dans l'air. Des campagnes de mesure sont réalisées depuis 2002 par l'association sur le territoire breton. Entre 2005 et 2021, un site de fond situé en périphérie de la ville de Rennes sur la commune de Mordelles, a fait l'objet de mesures régulières pour suivre les évolutions temporelles des niveaux de pesticides dans l'air en zone péri-urbaine dans un contexte agricole de grandes cultures (blé, maïs par exemple). De 2018 à 2021, la CNEP et d'autres actions locales ont permis d'intensifier les mesures sur plusieurs sites de prélèvement en plus de Mordelles (Lamballe (22), Henvic (29), en 2018 ; Rennes (35) et Merléac (22) en 2021) pour étudier différents contextes d'exposition (rural, urbain, de fond et de proximité) et d'influences agricoles (grandes cultures, élevages, maraîchage). Par ailleurs, la métropole de Rennes a mis en place un plan quinquennal s'articulant autour de 3 volets : la surveillance, la connaissance des usages, et la cartographie des données.

Dans ce contexte, le stage contribue par ces actions à l'exploitation des données recueillies en Bretagne, avec pour objectif général **d'apporter une connaissance complémentaire sur les niveaux de contaminations des pesticides dans l'air, les évolutions spatio-temporelles, les déterminants de ces contaminations et leur interprétation en termes d'exposition.**

Au vu des objectifs énoncés, ce mémoire tendra à répondre aux questions suivantes :

⁴ La campagne dite CNEP, a été pilotée par l'ANSES, l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) et les AASQA. Pour mesurer les substances présentes dans le compartiment aérien (sous forme gazeuse et particulaire), la collecte est réalisée par prélèvement sur filtre pour les particules et sur mousse polyuréthane pour la phase gazeuse. Les prélèvements sont réalisés à l'aide de préleveurs qui aspirent l'air ambiant à des débits réguliers. Les deux substrats collectés sont envoyés en laboratoire pour analyse.

- Quelles sont les évolutions dans l'historique des concentrations en pesticides dans l'air en Bretagne depuis les premières années de suivi jusqu'aux dernières données disponibles ?
- Quels sont les liens entre les concentrations observées dans l'air et les usages agricoles ?
- Quelles sont les expositions des populations aux substances quantifiées dans le cadre de la stratégie d'Air-Breizh et comment peuvent-elles être interprétées en termes de santé publique ?

Matériel et méthodes

2.1 Analyse historique des concentrations en pesticides dans l'air

L'objectif de cette étape est double : d'une part mettre en évidence les différents biais analytiques existants dans les données et les documenter, d'autre part proposer une méthodologie adaptée à l'analyse historique des données qui tiennent compte de ces biais. Cette étape préalable permet de cibler les lieux, années et saisons à considérer pour une exploitation des données historique de mesure la plus robuste possible.

2.1.1 Prise en compte des biais

Depuis 2002, Air Breizh mène des campagnes de mesure sur le territoire breton dans différents contextes de productions agricoles (grandes cultures, élevage, maraîchage). Au total six différents sites ont fait l'objet d'une ou plusieurs campagnes de mesures. Les sites sont classés dans différentes catégories en fonction de leurs localisations et des influences auxquelles ils sont soumis. Sont classés sous influence agricole, les sites de Henvic (29), Bignan (56) et Merléac (22). Les sites considérés sous influence urbaine sont ceux de Lamballe (22) et de Rennes (35). Enfin le site de Mordelles, en périphérie de Rennes, est considéré comme étant péri-urbain. La situation des différents sites sur le territoire régional est présentée en figure 4. Les différentes catégories permettent d'avoir une vue globale des concentrations en fonction de la distance aux cultures.

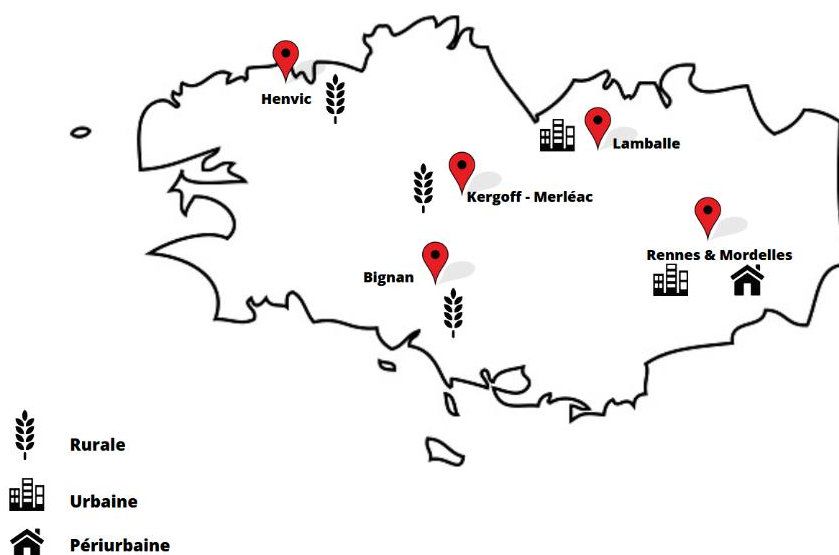


Figure 4: Localisations des stations de mesures depuis 2005

Les sites ont été investigués lors de différentes campagnes de prélèvement, soit régionale, soit nationale, avec des protocoles qui, avant la CNEP, n'étaient pas harmonisés. Les

données collectées sont donc disponibles sur des temporalités différentes, avec des méthodes d'échantillonnage différentes, en fonction des campagnes de mesures menées par l'association.

Depuis la CNEP (2018), les substances recherchées et la méthode d'échantillonnage n'ont pas changé.

Ainsi sur la période allant de 2005 à 2018, on peut noter les constats suivants :

- Les sites investigués d'une année sur l'autre sont différents. Certains sites ne disposent pas de plus d'une année de données, c'est le cas des sites de Lamballe et Henvic par exemple étudiés uniquement lors de la campagne nationale. En revanche, le site de Mordelles en périphérie de Rennes est le site historique de la mesure des pesticides sur le territoire breton.
- La période d'échantillonnage varie en fonction des campagnes : la saison disposant du plus de données est le printemps. Le calendrier des campagnes ainsi que les sites de mesures et le nombre d'échantillons réalisés sont présentés en annexe 1.
- Les substances recherchées ont évolué au fur et à mesure des travaux réalisés sur les thématiques des pesticides dans l'air et des questions auxquelles l'association souhaitait répondre et aux différentes demandes réalisées par les collectivités. L'évolution des usages des substances a également motivé le choix des différents efforts d'investigations.
- Depuis le début des campagnes de mesures des pesticides dans l'air, de nombreux progrès technologiques ont été réalisés. Ainsi la technique d'échantillonnage a évolué passant d'un prélèvement toutes particules ou « TSP » à un prélèvement réalisé à l'aide d'une tête de prélèvement PM10 (LCSQA, 2018).
- Enfin, on peut noter aussi une évolution analytique au cours du temps : avec le progrès des technologies d'analyses, des différences concernent les limites de détection (LD) et de quantification (LQ). Pour l'acétochlore par exemple la LQ de 2005 était de 20 ng, en 2021 cette dernière était de 10 ng.

2.1.2 Modalité d'étude historique

Au vu des biais analytiques évoqués précédemment, une réflexion sur la méthodologie d'analyse a été nécessaire.

Afin de réaliser un traitement historique de la base le plus complet possible, un pré-traitement a été effectué en amont de l'analyse temporelle des concentrations en pesticides dans l'air. Les données utilisées ici sont issues de la base Phytatmo (dire ce que c'est). Les variables considérées dans l'analyse sont listées ci-après :

- Site de mesure : Bignan / Henvic / Lamballe / Merléac / Mordelles / Rennes
- Années : 2005-2021
- Semaines considérées dans l'année : 1 à 52

- Substances actives étudiées

Le critère de sélection des sites, des périodes et des substances est basé sur le nombre de mesure par semaine, qui doit être suffisant pour une analyse des données.

Les analyses ont été effectuées à partir du logiciel Rstudio version 4.2.3.

2.2 Relation entre la contamination de l'air et les usages des pesticides

2.2.1 Choix de l'année et de la zone d'étude

La zone d'étude investiguée durant cette étude correspond au territoire de Rennes Métropole, deux dispositifs de surveillances étant déployés sur ce territoire :

- Le site péri-urbain de Mordelles près de Rennes, dans le cadre de la surveillance nationale ;
- Le site urbain Pays-Bas à Rennes dans le cadre d'un projet pluriannuel financé par Rennes Métropole.



Figure 5: Carte du territoire d'étude

Cette EPCI, situé dans le département de l'Ille-et-Vilaine (35) regroupe 43 communes pour une superficie totale de 705 km² (figure 5). D'après le recensement agricole réalisé en 2020, la SAU de la métropole est de 38 843 ha en 2020 et comprend 719 exploitations agricoles. L'étude porte sur les données de l'année 2021, dernière donnée disponible au début du travail.

2.2.2 Choix des substances actives

Les substances retenues l'ont été sur la base des substances semi-volatiles sélectionnées et recherchées dans le cadre de la CNEP. Sur les 75 substances investiguées lors de la campagne nationale, 72 ont été recherchées par Air-Breizh sur l'année 2021. Les herbicides comptent le plus grand nombre de substances analysées (29) suivis des insecticides (25) puis des fongicides (21). Pour les rotenticides⁵, une seule substance est recherchée (tableau 1). De même une seule substance acaricide a été recherchée.

⁵ Un produit rodenticide ou raticide est une substance active ou une préparation ayant la propriété de tuer des rongeurs.

Tableau 1 : Liste des substances analysée par Air Breizh en 2021. Les substances en rouge correspondent aux substances interdites. Les date entre parenthèse correspondent aux moments de leurs interdictions pour les substances interdites au cours de l'année 2021. (AIR BREIZH, 2021)

Herbicides (29)	Fongicides (21)	Insecticides (25)
2,4 D (ester de 2-éthylhexyle)	Boscalid	Aldrine
2,4DB (ester de 2-éthylhexyle)	Chlorothalonil	Bifenthrine
Acétochlore	Cymoxanil	Chlordane
Bromoxynil octanoate	Cyproconazole (août 2021)	Chlordécone
Butraline	Cyprodinil	Chlorpyrifos éthyl
Carbétamide (août 2021)	Difénoconazole	Chlorpyrifos méthyl
Chlorprophame	Epoxiconazole	Cyperméthrine (alpha+béta+théta+zéta)
Clomazone	Fénarimol	Deltaméthrine
Diflufénicanil	Fenpropidine	Dicloran (= 2,6-Dichloro-4-nitroaniline)
Diméthénamide (dont diméthénamide-P)	Fluazinam	Dieldrine
Diuron	Fluopyram	Diméthoate
Flumétraline	Folpet (= folpel)	Endrine
Lenacil	Iprodione	Ethion
Linuron	Myclobutanil (juillet 2021)	Ethoprophos
Métamitron	Prochloraze (interdit à partir du 31/12/21)	Etofenprox
Metazachlore	Pyrimethanil	Fipronil
Métolachlore (dont S-Métolachlore)	Spiroxamine	Heptachlore
Metribuzine	Tébuconazole	Lambda cyhalothrine
1.1 ng/M3 entre 2019 et 2021.	Tolyfluanide	Lindane
Oxadiazon	Triadiménol	Mirex
Oxyfluorène	Trifloxystrobine	Pentachlorophenol (forme phénol)
Pendiméthaline		Permethrine
Propyzamide		Phosmet (interdit à partir du 01/08/22)
Prosulfocarbe		Pipéronyl butoxide (= PBO)
Quinmércac (forme acide)		Pyrimicarbe
Tébutiuron	Rodenticide (1)	Acaricide (1)
Tembotrione	Bromadiolone	Dicofol
Terbuthryne		
Triallate		

Substances actives interdites à la vente en 2021 (ANSES, e-phy)

2.2.3 Données règlementaires sur les usages

Les autorisations de mise sur le marché sont soumises à l'approbation des autorités compétentes et elles évoluent au fur et à mesure de l'avancée des connaissances sur les risques liés aux pesticides. Deux étapes sont nécessaires à la mise en place des autorisations de vente. Dans un premier temps une évaluation est réalisée par l'EFSA. Une autorisation européenne est accordée à une substance active si elle respecte les conditions requises, et la Commission européenne établit une liste de substances autorisées pour l'Union, les décisions sont disponibles sur la plateforme « EU pesticide database ». Parallèlement, une évaluation nationale des produits contenant des substances actives approuvées est effectuée par l'Anses avant leur mise sur le marché, avec les décisions consultables en open data sur la plateforme E-phy. Une période de tolérance est souvent instaurée avant l'application finale de la réglementation, expliquant certaines ventes postérieures à la non-reconduction des autorisations. Une substance interdite par l'EFSA, l'est automatiquement dans les pays membres de l'UE et les autorisations de mise sur le marché sont retirées pour tous produits (la) contenant. L'inverse n'est pas vrai, une substance active peut être interdite dans un pays membre de l'union et autorisé chez le pays voisin si l'interdiction émane de l'agence nationale d'évaluation.

Au préalable de l'analyse des ventes, une mise à jour des autorisations des substances actives a été effectuée en utilisant les bases de données suivantes :

- EU pesticides database de la Commission Européenne
- E-Phy de l'Anses
- L'index acta phytosanitaire de 2023 (Charbonnier & Pringard, 2022)⁶.

Parmi ces substances recherchées en 2021, 37 sont aujourd'hui interdites à la vente ou en voie de l'être.

2.2.4 Données de vente : présentation de la base nationale des ventes distributeurs BNV-d

Pour répondre aux exigences de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (Loi n° 2006-1772, 2006), obligeant les distributeurs de produits phytopharmaceutiques à déclarer leurs ventes au cours de l'année sur le territoire national, la base nationale des ventes distributeurs ou BNV-d a été créée. Les déclarations sont réalisées auprès des agences et offices de l'eau. Les données récoltées permettent d'améliorer la traçabilité des ventes de produits phytopharmaceutiques et d'établir le montant de la redevance pour pollution diffuse (RPD). Celle-ci est modulée selon le niveau de toxicité et de dangerosité des substances utilisées (Eau Seine Normandie, 2019).

La base de données permet également de déterminer les quantités de substance vendues. Les distributeurs doivent y renseigner le nombre de ventes réalisées en fonction des produits. Un référentiel de données qui fournit la composition des produits permet de transformer les ventes de produits en quantités de substances actives en kilogrammes par an.

Les déclarations effectuées par les distributeurs sont disponibles sous deux formes :

- La forme « Bilan » : Depuis 2008, le bilan correspond aux ventes des distributeurs établis en France ou les achats effectués auprès d'un distributeur établi à l'étranger et non redevable.
- La forme « Registre » : Depuis 2013, le registre donne accès au code postal de l'acheteur au détail des ventes des distributeurs établis en France.

Les déclarations sous forme de bilans et registres sont bancarisées dans un premier temps dans le système de l'Agence de l'Eau Artois Picardie, nommé **BNV-D Redevance**, qui permet le traitement des données fiscales liées à la redevance et le calcul de celle-ci. Ces données sont ensuite transmises au système de l'Office Français de la Biodiversité, **BNV-D Traçabilité**, dont l'objectif est d'assurer le suivi et la traçabilité des ventes de produits

⁶ L'index acta phytosanitaire publié chaque année par l'ACTA, répertorie l'ensemble des instituts techniques agricoles, les substances actives ainsi que leurs usages, les noms des différents produits phytosanitaires de même que leur composition. Un volet législatif, actualisé tous les ans est également intégré à l'index.

phytopharmaceutiques. **Les données d'accès restreint (registres et bilans) disponibles sur BNV-D Traçabilité sont importées automatiquement depuis le système BNV-D Redevance. Leur mise à jour est quotidienne.** La mise à disposition d'un accès privilégié par la DRAFF Bretagne a permis d'étudier les ventes sans traitement préalable de la base par les services de l'Etat. Les données pour l'année d'étude, 2021, sont considérées comme stable par la DRAAF depuis septembre 2022.

2.2.5 Méthode d'exploitation de la base BNV-d

La méthodologie appliquée pour les analyses est présentée de manière globale dans la figure 6. Il a été nécessaire, dans un premier temps, d'importer les bases registre et bilan depuis la plateforme de la BNV-d. L'import des bases a été réalisé le 1^{er} décembre 2022 depuis le site BNV-d traçabilité⁷. Les manipulations présentées dans la suite de ce rapport ont été réalisées à l'aide du logiciel Rstudio avec l'utilisation packages Dplyr et Ggplot2.

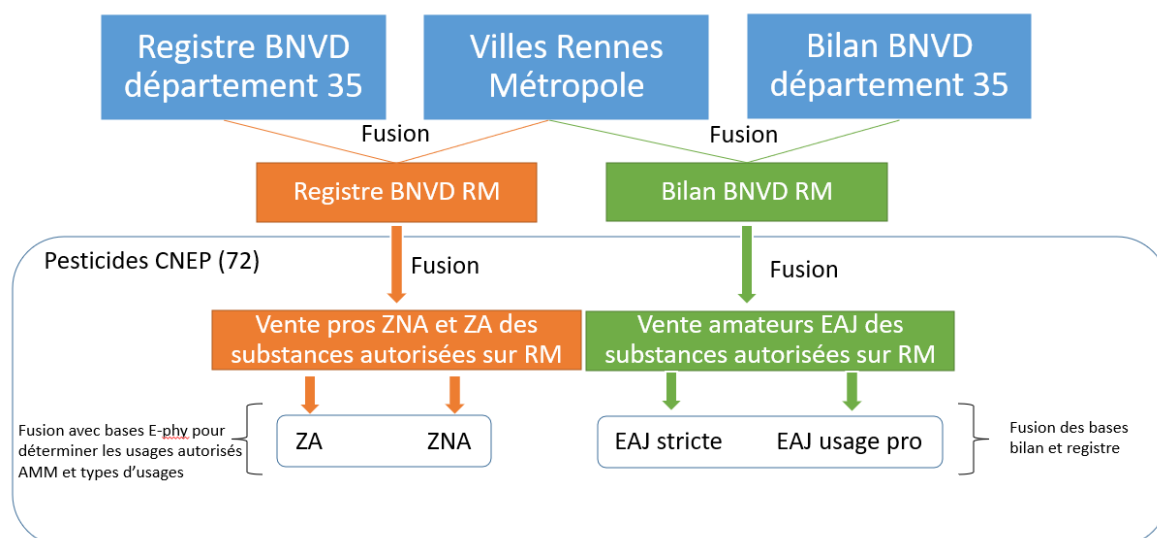


Figure 6: Méthode appliquée pour l'analyse de la BNV-d

A) Dimensionnement de la zone d'étude

Une fois les bases à disposition une première manipulation a été réalisée. Cette dernière visait à ne sélectionner les ventes uniquement sur le territoire d'étude, Rennes Métropole. Pour ce faire, les codes postaux des communes qui constituent l'EPCI ont été relevés depuis le site internet de la métropole. Au total 29 codes postaux différents sont représentés sur le territoire d'étude. Les codes considérés dans l'analyse sont les suivants, ils correspondent aux 49 communes de la métropole :

- 35000,35131,35132,35135,35136,35150,35160,35170,35190,35200,
- 35230,35235,35250,35310,35410,35510,35520,35530,35590,35630,

⁷ <https://ventes-produits-phytopharmaceutiques.eaufrance.fr/>

- 35650,35690,35700,35740,35760,35770,35830,35850,35890

1.2.3.1 Estimation des ventes à l'échelle du territoire d'étude

Certaines communes de la métropole partagent le même code postal. De même des communes de la métropole partagent le même code postal que des communes ne faisant pas partie de l'EPCI.

Afin d'obtenir des données de ventes, uniquement sur le territoire de Rennes Métropole différentes manipulations ont été réalisées. Dans un premier temps, les communes partageant un code postal ont été fusionnées afin d'obtenir un territoire au code postal et non à la commune. Les territoires ainsi obtenus ont permis de spatialiser un tonnage au code postal. Les quantités de substances actives vendues sont ensuite rapportées à la surface agricole utilisée (SAU) afin de disposer des doses théoriques épandues à l'hectare sur le territoire. La SAU est une notion normalisée dans la statistique agricole européenne. Elle comprend les terres arables, les surfaces toujours en herbe et les cultures permanentes. Pour l'étude les SAU issus du recensement agricole 2020 disponible sur le site de la DRAFF ont été utilisées⁸. La surface considérée dans l'étude est la SAU globale à laquelle on a soustrait la SAU de surface en prairie. Les données compilées dans le recensement sont disponibles aux codes INSEE des communes. Afin d'avoir les informations souhaitées au niveau du code postal, les codes INSEE des communes de la zone d'étude ont été mis en lien avec les codes postaux. Les informations sont ensuite regroupées à l'échelle du territoire, correspondant au code postal fusionné.

Pour des codes postaux partagés entre Rennes Métropole et des communes extérieures à l'EPCI une seconde manipulation a été nécessaire. Cette dernière est réalisée selon l'hypothèse d'une application uniforme de la substance active à l'échelle du territoire. **Par exemple : Si une commune représente 25 % de la SAU du code postal, alors 25 % des ventes de substances actives sur le territoire lui sont attribuée.** Ainsi, un ratio de la surface totale de la SAU au code postal a été appliqué. La valeur obtenue a ensuite été appliquée aux ventes recensées afin d'obtenir, sous l'hypothèse de travail, une quantité de substance active vendue et une dose de substances à l'hectare (kg/ha).

1.2.3.2 Différenciation des usages

Les substances priorisées par la campagne nationale, et toujours recherchées aujourd'hui (voir tableau 1), ne dispose pas d'une autorisation d'emploi dans les jardins. Ce constat a été validé par les différents partenaires de l'action. Par conséquent seulement la différence entre un usage en zone non agricole (ZNA) et zone agricole (ZA) a été réalisée au cours de l'étude. Il a été décidé, en collaboration avec la DRAAF, de prendre en considération uniquement la base registre de la BNV-d.

⁸ <https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/les-resultats-du-recensement-agricole-2020-r668.html>

En effet, les substances actives étudiées ne sont pas disponibles à la vente aux amateurs et ne sont donc pas renseignées dans la base bilan.

Après avoir recueilli les données de vente, l'intention était de distinguer les différentes utilisations des substances. Étant donné que chaque substance peut avoir plusieurs fonctions, elles sont ensuite organisées selon la classification suivante :

- ZA : Zone Agricole, utilisation par des professionnels du milieu agricole
- ZNA pour Zone Non Agricole, l'utilisation autorisée pour les professionnels comme des paysagistes ou les collectivités

Afin de réaliser cette différenciation, il a été nécessaire de travailler à l'échelle du produit et non pas à l'échelle de la substance pour identifier la zone d'usage. En effet, un produit phytosanitaire peut être constitué d'une ou plusieurs substances actives. Les données disponibles en open data sur la plateforme E-phy ont permis de réaliser ce travail. De plus, la base E-phy regroupe également toutes les informations d'usages des différents produits. Ces informations sont présentées sous la forme de codes et sont soumises à des arrêtés de décisions. Une extraction complète de la base E-phy a donc été réalisée. Cette dernière a été mise en relation avec la base obtenue à la suite des différentes manipulations de la BNV-d. Afin de déterminer les zones d'usages des produits et donc des substances les codes usages des produits ont été utilisés dans le but d'affecter les produits dans les différentes catégories souhaitées. Afin de classer un produit en ZNA, les codes usages correspondant à des usages comme « utilisation autorisée sur gazons de graminées comme antimousse ou contre les maladies du feuillage » ont été retenus. Les codes utilisés sont les suivants :

- 18505901 – 01006001 – 18503212 – 18503206 – 18503211 – 18503101 - 18503203
- 14051201 – 18501204 – 01006003 – 18503201 – 18503807 – 18503210 – 18505902
- 18503205 – 18502901 – 01006004 – 01006002 - 18502101

Tous les produits portant ces codes ont donc été affectés en tant que ZNA. Les produits portant d'autres codes usages ont quant à eux été considérés comme étant ZA. Les produits présents dans la base peuvent disposer de plusieurs code usages, lorsqu'une utilisation mixte a été détectée le produit est affecté comme étant ZA, car considéré comme réservoir prioritaire de vente après discussions avec les partenaires techniques de l'étude. Après application de tous les filtres nous disposons d'une base de données correspondant aux ventes des produits dont la composition inclut les 72 substances de la CNEP sur le territoire de Rennes Métropole. De plus, la quantité de substance active par produits est

disponible grâce à la BNV-d, ce qui nous permet de connaître avec précision la quantité de SA d'intérêts vendues. Il est également possible via ces données de différencier les substances par famille, c'est-à-dire : Herbicide / Fongicide / Insecticide. Enfin les données récoltées comprennent l'information sur la zone d'usage autorisée.

2.3 Expositions aux pesticides

Dans une optique de santé publique, la connaissance des niveaux de contamination de l'air par les pesticides pour un grand nombre de substances et sur une temporalité longue permet de questionner à la fois l'exposition des populations et les risques associés.

2.3.1 Site et population d'étude

L'étude présentée est réalisée à partir des données de contaminations de l'air par les pesticides sur le site de Mordelles, commune en périphérie de Rennes, pour l'année 2021. Des prélèvements ponctuels ont été réalisés sur le site du Centre technique municipal de Mordelles, durant l'année 2021. Les prélèvements ont été réalisés sur les périodes préconisées par le LCSQA (AIR BREIZH, 2021) pour l'étude des résidus de pesticides dans l'air. Mordelles est un site périurbain, sous l'influence majoritaire d'une activité agricole de type « grandes cultures ».

En 2021, la répartition de l'occupation des sols 5 km autour du point de mesure était la suivante (Corine Land Cover 2018) et est représentée sur la figure 9 :

- 40% de grandes cultures : mettre les types de culture blé, maïs, colza...
- 30% de cultures complexes, correspondant à un mélange de différentes cultures
- 17% de zone urbanisée.

La parcelle cultivée la plus proche du point de prélèvement se trouve à 180 mètres. Le point de prélèvement se trouve au Nord-Est du centre-ville de Mordelles.



Figure 7: Site de Mordelles. Vue aérienne et occupation des sols dans un rayon de 5 km. (AIR BREIZH, 2021)

La population de Mordelles est de 7338 personnes selon l'INSEE, avec une densité moyenne de 246,6 habitants/km².

Le site de Mordelles est considéré comme représentatif d'un site péri-urbain sous influence grande culture en région Bretagne. On peut donc considérer que les expositions liées aux contaminations dans l'air à Mordelles concerne plus généralement les populations vivant dans des communes péri-urbaines sous influence des grandes cultures dans la région Bretagne.

2.3.2 Identification des substances

L'étude de l'exposition aux pesticides par l'air sera réalisée sur les substances qui ont été quantifiées en 2021 par Air Breizh sur le site de Mordelle.

Ainsi, 17 substances ont été quantifiées sur l'année 2021 : 2,4-D / Chlorothalonil / Chlorpyrifos éthyl et méthyl / Cyprodinil / Fenpropidine / Folpel / Heptachlore / Lindane / S-Métolachlore / Métribuzine / Pendiméthaline / Perméthrine / Propyzamide / Pyrimicarbe / Tebuconazole / Triallate.

2.3.3 Mise en perspective des expositions via l'air avec les autres sources / voies

A) Estimation des doses journalière d'exposition (DJE)

La dose journalière d'exposition ou DJE par l'air est calculée à partir des concentrations des différentes substances d'intérêt dans l'air inhalé et des paramètres représentant les comportements humains. La dose d'exposition aux substances, dépend de facteurs extrinsèques (concentrations, durée d'exposition...) et intrinsèques (volume respiratoire, poids...). Afin d'être comparées au VTR précédemment sélectionnées et issues d'étude par voie orale, les DJE par l'air ont été estimées à partir de la formule suivante (ANSES, 2020).

$$DJE\ air = C \times \left(\frac{VR}{Pc}\right) \times F \times Tabs$$

Avec :

- DJE air = Dose journalière d'exposition via l'air ambiant (mg/ kg pc/j)
- C = Concentration mesurée pour une substance (mg/m³)
- VR = Volume respiratoire (m³/j)
- Pc = Poids corporel (kg)
- F = Fraction de temps passé à l'extérieur (%)
- Tabs = Taux d'absorption par inhalation (%)

Deux populations sont considérées dans l'étude : les adultes et les enfants. Leurs comportements différent, ce sont les populations classiquement retenues dans le cadre de l'évaluation réglementaire des substances et produits phytopharmaceutiques réalisée par l'EFSA (EFSA et al., 2022).

Deux indicateurs de concentration ont été retenus pour réaliser deux scénarios d'expositions aux substances. Le premier scénario évalue la quantité moyenne d'exposition que la population vivant près d'un site péri-urbain avec une influence agricole, comme à Mordelles, pourrait rencontrer. Ainsi, des estimations de « DJE air, moy » basées sur la moyenne annuelle de concentration dans l'air ont été calculées.

Les différents paramètres intrinsèques pris en compte sont présentés dans le tableau 2. Les données de poids corporel et de volume respiratoire sont celles utilisées par l'autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) dans le cadre de l'évaluation réglementaire des substances et produits phytopharmaceutiques (EFSA et al., 2022).

Tableau 2: Variables d'exposition humaines retenues pour le calcul des DJE sur la base des données de l'EFSA

Variable	Valeur	Source
Poids corporel	Adultes = 60 kg Enfants = 10 kg	(EFSA et al., 2022)
Volume respiratoire	Adultes = 16,0 m ³ /j Enfants = 8,0 m ³ /j	(EFSA et al., 2022)
Taux d'absorption par inhalation	100 %	Valeur pas défaut
Fraction de temps passé à l'extérieur	100 %	Valeur par défaut

B) DJE autres voies

Données disponibles

Dans le but de contextualiser les expositions par voie aérienne par rapport à d'autres sources, une comparaison a été effectuée entre les données obtenues par le calcul de la dose journalière d'exposition (DJE) et d'autres données d'exposition. En dépit de la présence de données concernant les expositions via les poussières ou l'eau de boisson, nos résultats ont été confrontés à l'exposition par voie alimentaire.

Le choix de l'exposition alimentaire s'explique par les substances recherchées dans les études de références. Dans les études réalisées à ce jour, toutes les substances recherchées dans l'air ne le sont pas forcément pour les autres sources d'expositions. Pour ce faire des résultats extraits des études de l'alimentation totale française 2 (ANSES, 2011) et études de l'alimentation totale infantile (ANSES, 2016) ont été utilisés. Au total 17 substances ont été étudiées.

Dans l'EAT 2, les résultats obtenus lors de l'enquête sont exprimés en pourcentage de la DJA. Afin de pouvoir comparer les deux expositions, ces DJA sont converties en DJE par le calcul suivant :

$$DJE\ ingestion = \frac{\% DJA * DJA}{100}$$

Avec :

- DJE ingestion = Dose journalière d'exposition via l'alimentation (mg/ kg pc/j)
- % DJA = Résultat par substance obtenue lors de l'EAT 2 (mg/ kg pc/j)
- DJA = Dose journalière admissible de chaque substance (mg/ kg pc/j)

Les valeurs utilisées dans les calculs sont présentées en annexe 1 de ce rapport.

Le calcul est donc réalisé à partir des moyennes afin d'être comparable aux DJE air calculé précédemment et ainsi connaître la contribution de l'air inhalé dans l'exposition aux pesticides. Dans ce cadre ce sont les résultats obtenus pour l'hypothèse haute (*Upperbound*, UB) qui ont été retenus lors de notre analyse. Cette hypothèse haute « majeure » les teneurs et donc l'exposition et est donc « conservatrice » et plus protectrice vis-à-vis des populations. Les données utilisées pour les calculs sont présentées dans le tableau suivant.

La comparaison des DJE calculées pour l'exposition alimentaire avec les DJE par l'exposition à l'air permettra de mettre en perspective les deux sources d'expositions.

3 Résultats

3.1 Historique de la mesure

3.1.1 Site retenu :

En suivant la méthodologie décrite, une recherche sur le nombre d'années d'investigation a été réalisée. Pour rappel, l'objectif était de déterminer le site et les semaines avec le plus de données disponibles. D'après cette recherche c'est le site de Mordelles qui a été le plus souvent investigué avec un maximum d'occurrence de 10 (figure 8). Cela signifie qu'une même semaine a été investiguées pendant 10 années depuis le début des campagnes de surveillances réalisées par Air-Breizh. La saison la plus examinée depuis le début de la mesure est le printemps. Entre la semaine 14 et la semaine 26 les semaines ont été investigués entre 9 et 10 fois. On remarque également que la période automnale est propice à l'analyse avec une occurrence maximale de 5 (semaine 40 à 50).

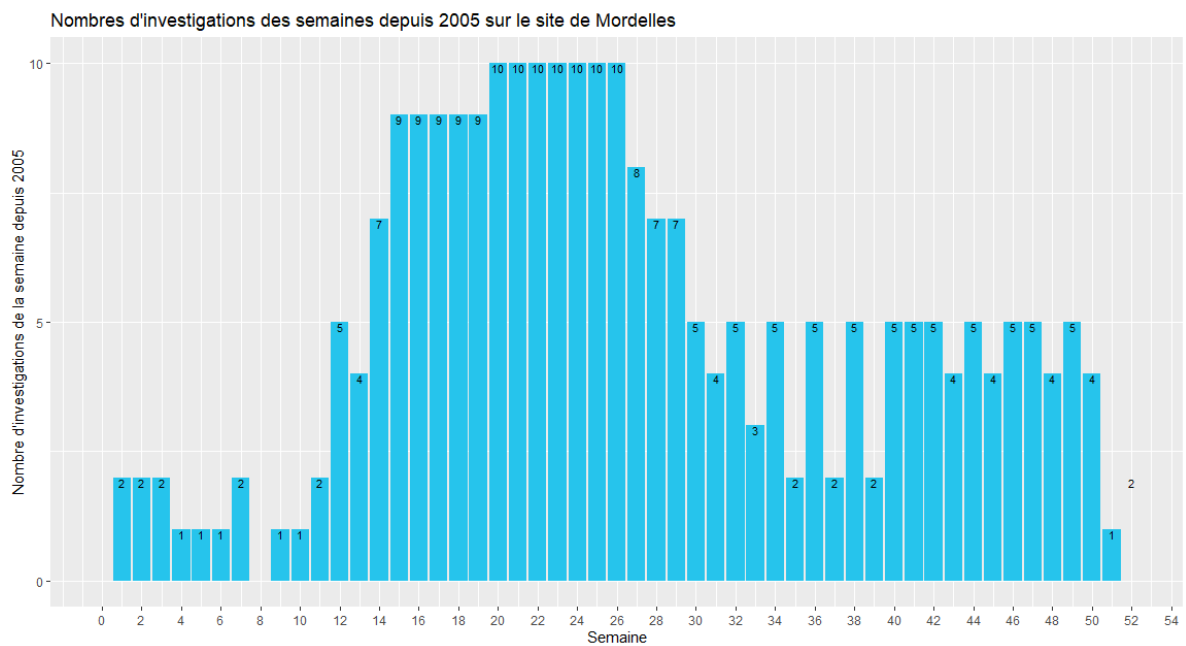


Figure 8: Nombres d'investigation hebdomadaires sur le site de Mordelles depuis 2005

De plus, une investigation sur ces périodes est cohérente aux vues des concentrations mesurées sur ces deux saisons (figure 9).

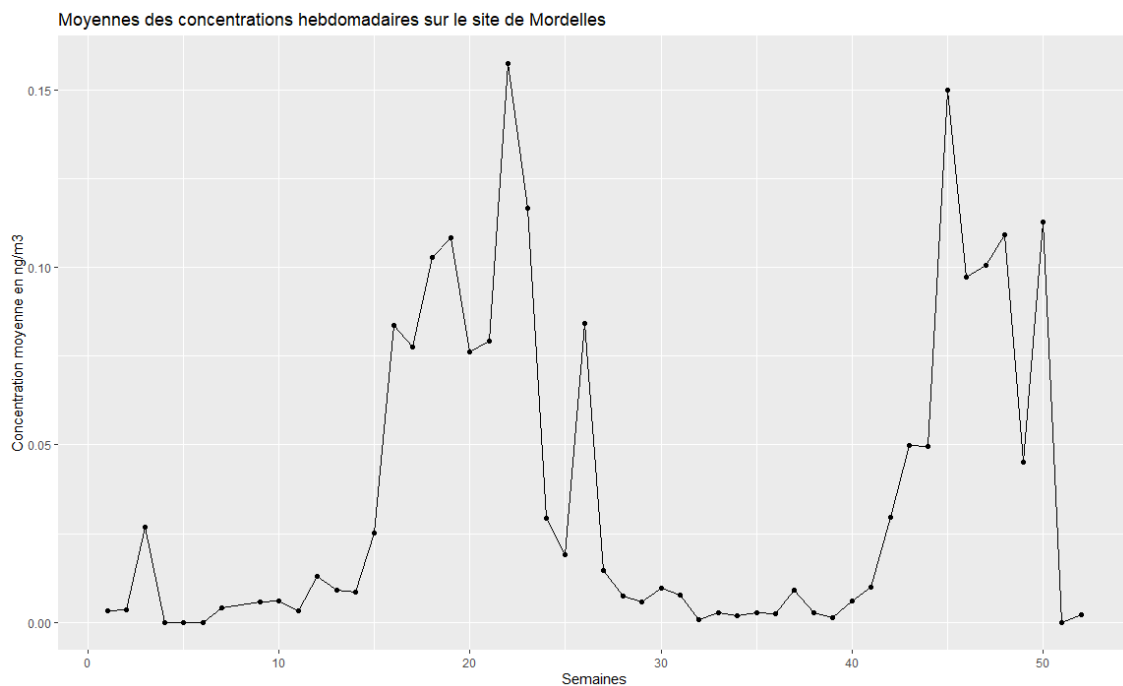


Figure 9: Moyennes des concentrations hebdomadaires sur le site de Mordelles (2005-2021)

Afin de sélectionner les substances d'intérêt, le choix a été fait de se concentrer uniquement sur les substances ayant été les plus souvent recherchées sur le site d'étude.

Au total 12 substances ont été recherchées sur l'ensemble des campagnes réalisées sur le site de Mordelles (260 recherches). Ces substances sont les suivantes :

- Herbicide : Acétochlore – Pendiméthaline – Diméthénamide(-p) – Oxadiazon
- Insecticide : Lambda cyhalothrine – Lindane - Chlorpyriphos éthyl – Deltaméthrine
- Fongicide : Tebuconazole - Chlorothalonil – Fenpropidine – Folpel

3.1.2 Variation historique par famille d'usage des pesticides : herbicides, fongicides, insecticides

Les concentrations moyennes hebdomadaires par famille pour les périodes printanières sont représentées sur la figure 10.

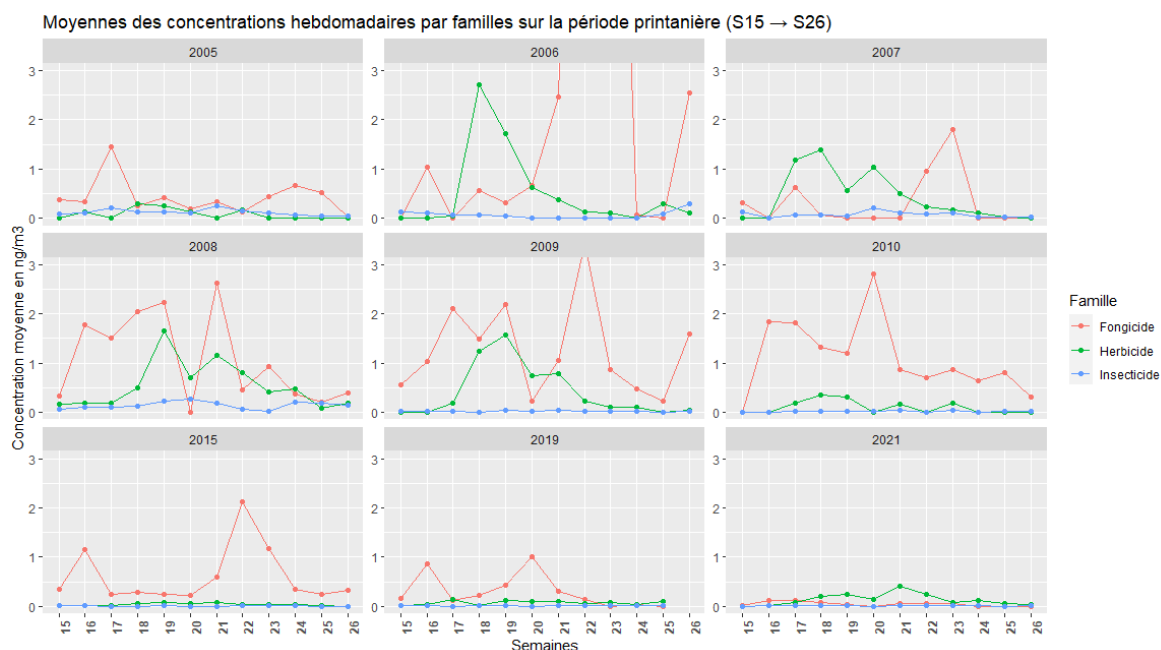


Figure 10: Moyennes des concentrations hebdomadaires au printemps (échelle fixée à 3ng/m³)

De manière générale, la tendance montre que les fongicides sont retrouvés dans des concentrations moyennes plus importantes que les autres familles, excepté sur l'année 2021. Les années 2006 et 2009 sont les années où les concentrations moyennes en fongicides (somme de 4 substances actives) sont les plus importantes, avec une moyenne maximale de 20ng/m³ en 2006 et 3,5ng/m³ en 2009 (à des fins de comparaison, l'échelle des ordonnées a été tronquée à 3 ng/m³). Les données brutes sont disponibles à l'annexe 2. Les herbicides ont été détectés aux concentrations les plus fortes (2,75 ng/m³) au printemps 2006, mais aussi de 2007 à 2009 avec des valeurs approximatives de 1,4 à 1,5 ng/m³ respectivement. Enfin, la somme des insecticides étudiés ne dépasse jamais la concentration de 1 ng/m³ sur l'ensemble du relevé. De manière générale l'année 2021 est l'année de suivi où les plus faibles concentrations ont été relevées par Air-Breizh, sur les substances actives sélectionnées.

Il est intéressant de constater qu'en automne (voir figure 11), ce sont les herbicides qui ont les concentrations moyennes les plus élevées. Les plus fortes concentrations en herbicides sont relevées sur les années 2020 et 2021 (environ 1,8ng/m³). Les concentrations

observées en fongicide et en insecticide sont très faible sur l'ensemble des années représentées.

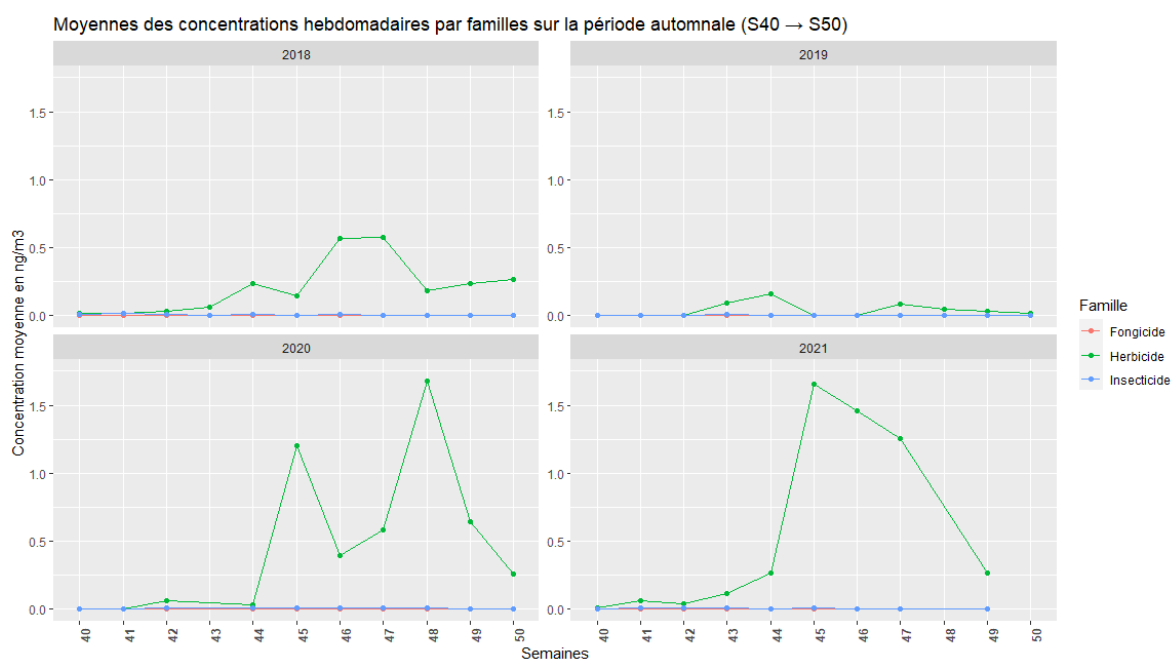


Figure 11: Moyennes des concentrations hebdomadaires en automne (échelle fixée à 3ng/m3)

3.1.3 Variations historiques par substances actives

La figure 12 présente les concentrations des 12 substances actives sur les périodes printanières de 2005 à 2021. On remarque ici que la deltaméthrine et de la lambda-cyhalothrine n'ont jamais été quantifiées sur le site de Mordelles sur la période d'étude.

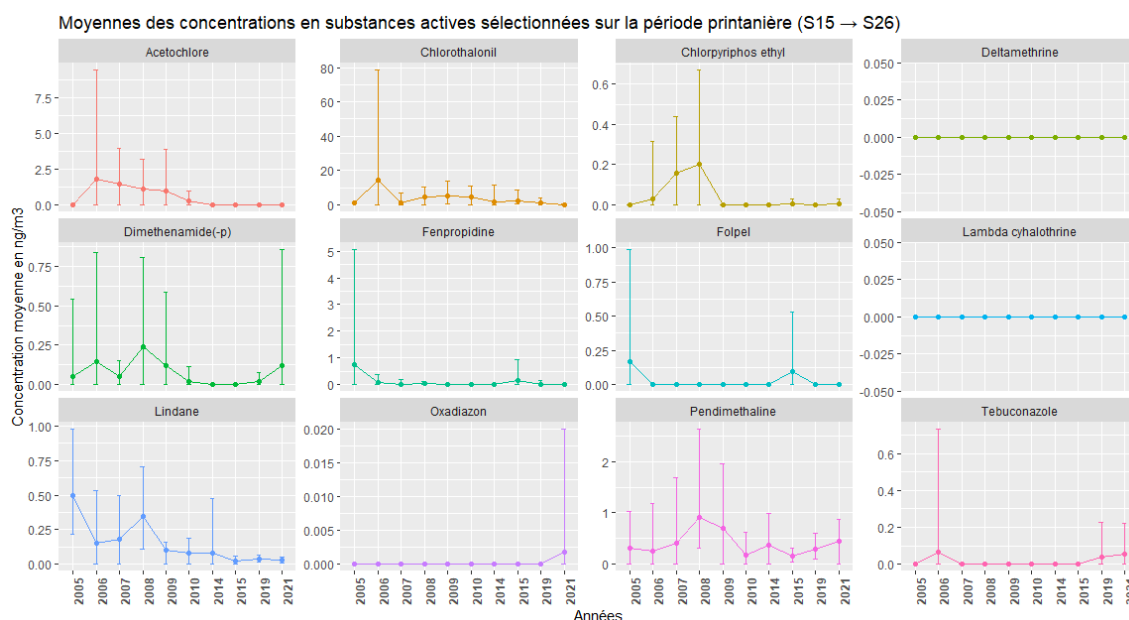


Figure 12: Variations des concentrations moyennes annuelles des substances sélectionnées (printemps)

Les variations observées sont différentes d'une substance active à une autre. Pour l'acétochlore, le chlorothalonil et le chlorpyrifos-éthyl, on observe une baisse continue des concentrations depuis 2005. La pendiméthaline et le lindane sont dénombrés chaque année. Il semble cependant y avoir une tendance générale à la baisse pour le lindane qui

était en moyenne quantifié à 0,50 ng/m³ en 2005 pour une concentration stabilisée de 0,10 ng/m³ entre 2015 et 2021. Pour la pendiméthaline, les variations sont plus hétérogènes. L'oxadiazon présente une évolution temporelle particulière puisqu'il n'a été détecté qu'en 2021, soit la dernière année considérée dans l'analyse.

La présence des concentrations minimales et maximales hebdomadaires sur différentes années révèle un autre résultat important. Lorsque l'on compare la concentration maximale enregistrée pour une substance au cours d'une année, on peut observer un pic nettement supérieur à la moyenne, mettant en évidence une variation considérable d'une semaine à l'autre. Par exemple en 2006, on observe un pic de concentration de 80 ng/m³ pour le chlorothalonil au cours d'une semaine de prélèvement, alors que la moyenne annuelle est inférieure à 20 ng/m³

En automne, on constate que beaucoup moins de substances actives sont détectées, seuls l'acétochlore, le chlorpyrifos-éthyl, le lindane et la pendiméthaline sont détectés, et pour les deux premiers, seulement sur l'année 2018. En automne en revanche, les concentrations de pendiméthaline ont augmenté à partir de 2019.

Variations historiques des substances quantifiées à des niveaux les plus élevés

Un focus a été réalisé sur le Prosulfocarbe et le S-métolachlore car ce sont des substances actives qui sont retrouvées en concentrations importantes. La figure 13 présente les concentrations de prosulfocarbe pendant les périodes automnales de 2012 à 2021.

Une tendance à la hausse de la concentration hebdomadaire en prosulfocarbe est observée depuis 2012 sur le site de Mordelles. En 2012, une seule concentration supérieure à zéro est enregistrée pour la semaine 46. Néanmoins, après cela, les concentrations ont

généralement augmenté, avec une valeur maximale atteignant près de 40 ng/m³ en 2018, à l'exception de 2019.

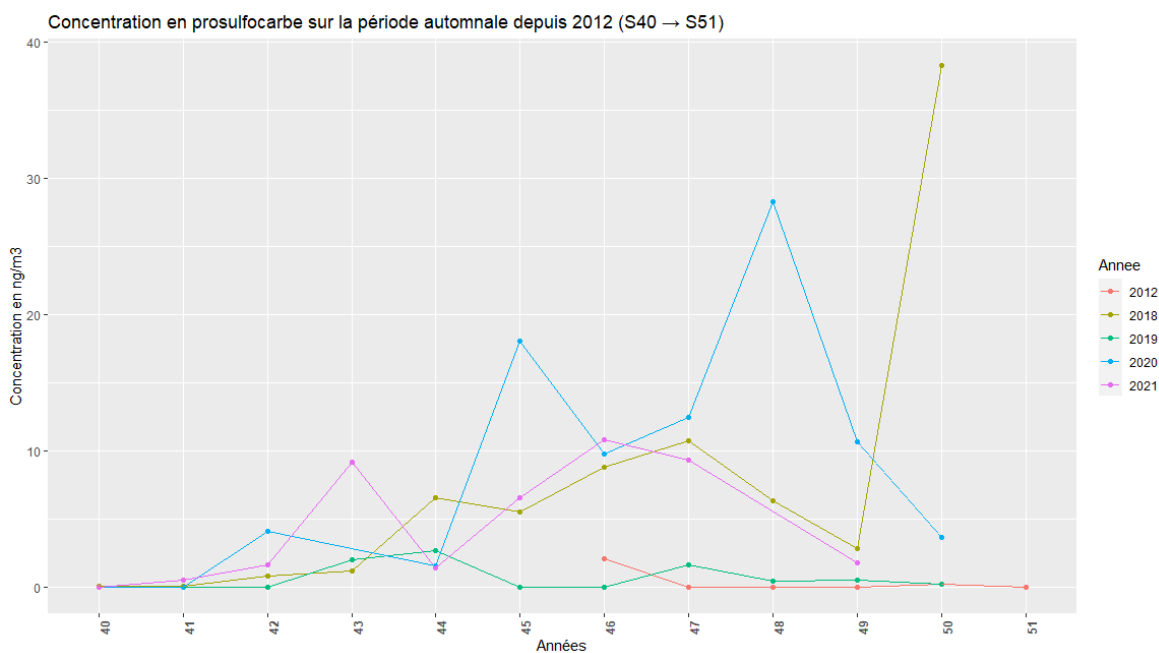


Figure 13 : Variations historique des concentrations en Prosulfocarbe sur les périodes printanières de 2012 à 2021

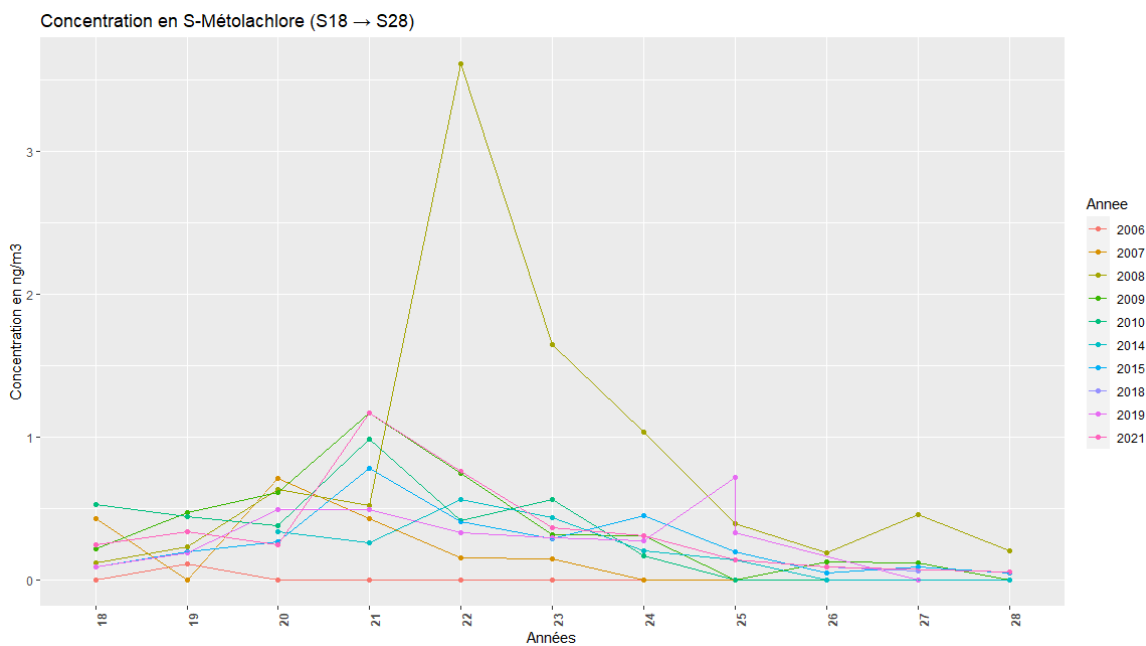


Figure 14 : Variations des concentrations historiques en S-Métolachlore sur la période automnale

La figure 14 présente les données pour le S-métolachlore. Sur la période choisie, on dispose de 10 années de mesures. Comme le Prosulfocarbe une hausse des concentrations hebdomadaires est visible depuis le début du suivi de la substance. Les profils des différentes courbes sont assez similaires d'une année sur l'autre avec notamment une hausse commune en semaine 21 sur un certain nombre d'années. La concentration maximale relevée sur une semaine est datée de 2008 en semaine 22 avec une concentration de plus de 3,5 ng/m³.

3.2 Relation entre la contamination de l'air et les usages des pesticides

Sur les substances recherchées, un total de 13 238 kg a été vendu sur le territoire de Rennes métropole durant l'année 2021.

3.2.1 Approche par zone d'usage des pesticides

L'exploitation de la base BNV-d a permis de montrer que parmi les 72 substances, cinq disposent d'un usage strictement autorisé dans les zones non agricoles par les professionnels (Tableau 3). Les surfaces prises en compte englobent celles qui peuvent appartenir à une collectivité territoriale et être plus ou moins entretenues, telles qu'un espace vert, un terrain de sport, etc.

Tableau 3 : Substances à usages strict en zone non agricole

Substances	Quantité vendue (Kg/an)	Pourcentage ventes SA (%)
2,4-D	8,77	2,2
Cyprodinil	1,88	2,2
Difénoconazole	3,60	5,9
Tebuconazole	0,85	0,11
Trifloxystrobine	0,66	0,66

La quantité maximale vendue est de 8,77 kg pour le 2,4-D et représente 2,2 % des ventes de la substance à l'échelle de la métropole. La proportion de vente sur cette zone par rapport à la vente globale est la plus importante pour le Difénoconazole avec 5,9 % des ventes déclarées avec un usage autorisé en zone non agricole. Sur l'ensemble des ventes enregistrées à Rennes Métropole, les substances avec usage en zone non agricole représentent 15,52 kg soit 0,2 % de la base. Aussi, la distinction entre les substances zone agricole et non agricole ne sera pas réalisée dans la suite des résultats présentés.

3.2.2 Approche par familles d'usage de pesticides

La vente de produits herbicides est majoritaire avec 11 380 kg, soit 86 % des ventes. Les ventes de fongicides occupent quant à elles la seconde position, elles représentent 9,4 % des ventes avec 1 241 kg vendu. Enfin, les insecticides avec une vente totale de 617 kg représentent 4,6 % des ventes enregistrées dans la base (figure 15).

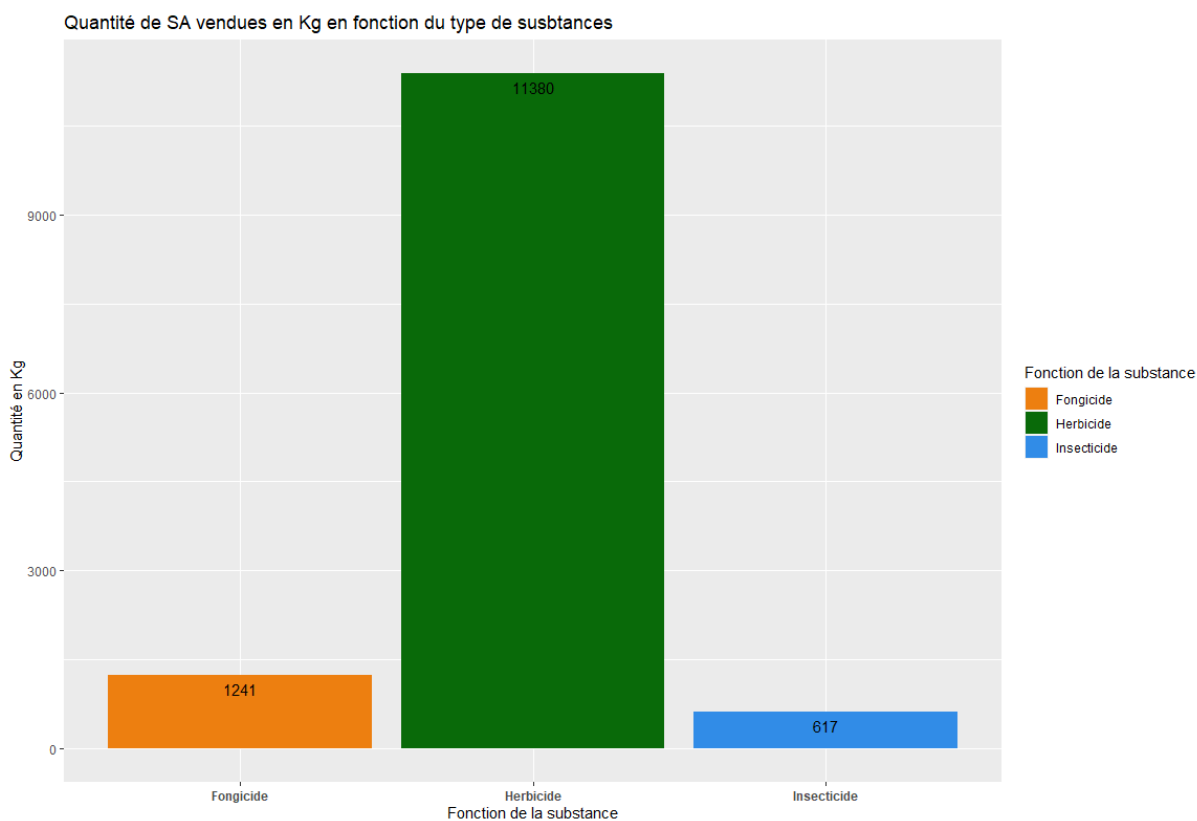


Figure 15: Quantité de substances actives vendues en fonction du type d'usage

3.2.3 Approche par substances actives

Sur le territoire de Rennes Métropole, 38 substances actives différentes, parmi les 72 de la CNEP, ont été vendues en 2021 avec 1 692 ventes déclarées. La figure 16 représente les quantités vendues de ces 38 substances. Le prosulfocarbe est le plus vendu, avec 3 772 kg en 2021. Les trois dernières substances de la figure sont vendues à une quantité inférieure à 1 kg (zéro sur le graphique). Il s'agit du chlorpyriphos éthyl, de l'époxiconazole et le myclobutanil.

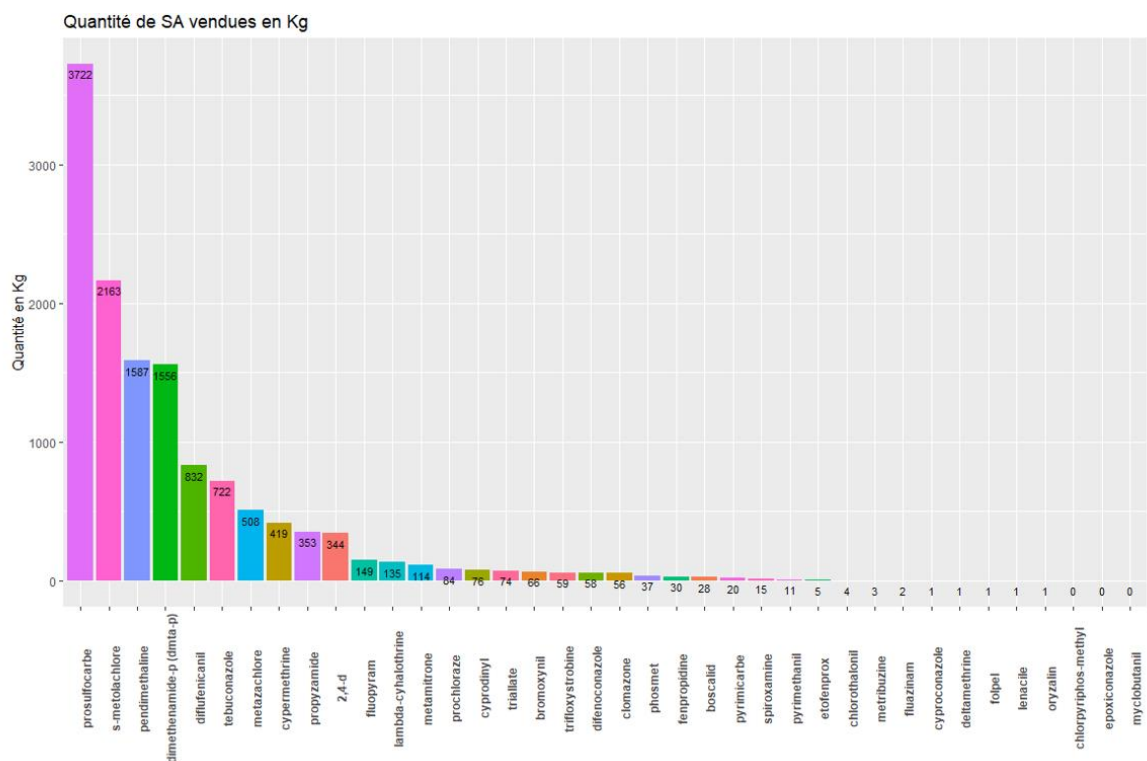


Figure 16 : Quantité de substances actives vendues en Kg, toutes substances

Si on s'intéresse aux substances les plus vendues, (figure 17), on voit que « seulement » 10 substances sur les 38 représentent plus de 90 % des ventes réalisées. Le Prosulfocarbe, le S-Métolachlore ainsi que la Pendiméthaline représentent à eux seuls plus de 50 % des ventes des substances recherchées sur Rennes Métropole. Sur les 10 substances présentes dans ce « top 10 » des ventes, huit d'entre elles sont des herbicides. On retrouve également un fongicide et un insecticide.

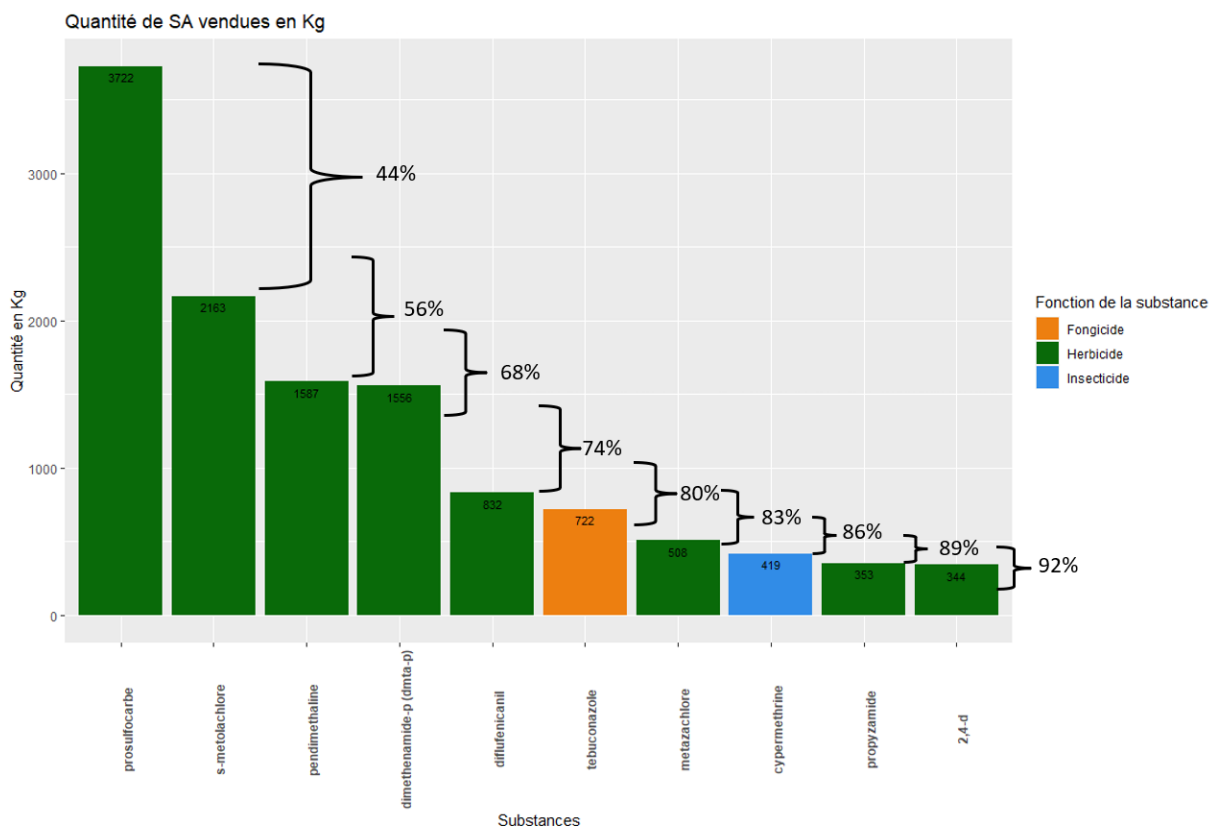


Figure 17 : Substances actives les plus vendues

3.2.4 Corrélation entre la vente et la mesure

Sur le site de Mordelles en 2021, 22 substances actives ont été quantifiées au cours de la campagne. Certaines substances étant interdites à la vente elles ne sont donc pas présentes dans les résultats issus de la base de ventes (ex. du lindane). Parmi les 22 substances dénombrées, on en retrouve 16 pour lesquelles les quantités de ventes théoriques sont disponibles : Prosulfocarbe, Pendimethaline, S-Métolachlore, Diméthenamide-p, Tebuconazole, Propyzamide, Triallate, Diflufenicanil, Metazachlore, Cyprodinil, Bromoxynil, Clomazone, Chlorpyriphos-méthyl, Fenpropidine, Oryzalin, Métribuzine

La corrélation entre les paramètres de ventes et de concentrations moyennes sont présentées en figure 18. On observe deux « groupes » de substances :

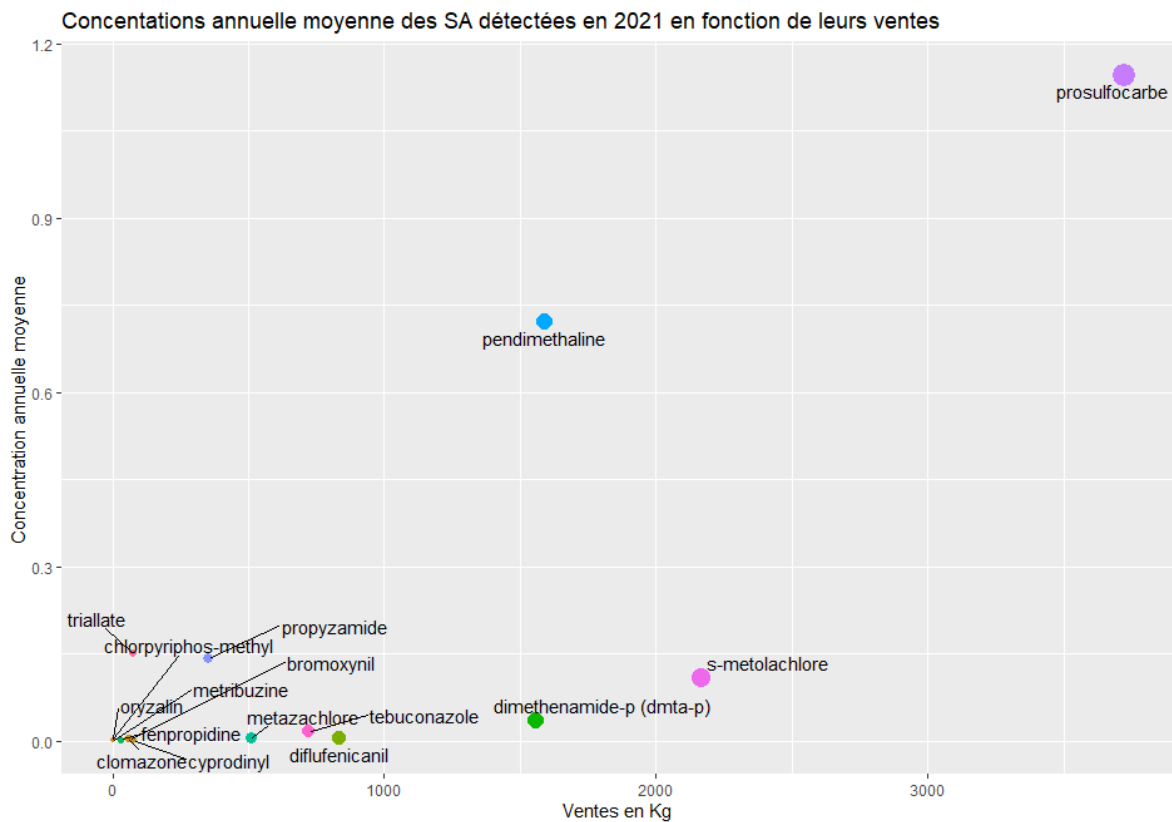


Figure 18 : Concentrations moyennes en fonction des ventes

- 1) Les substances vendues en grandes quantités et qui ont une concentration moyenne dans l'air élevée. C'est le cas par exemple pour le prosulfocarbe ou la pendiméthaline. Le S-Métolachlore est lui vendu dans de plus grandes proportions mais avec une concentration annuelle moyenne relativement faible en comparaison des deux autres.
- 2) Les autres substances sont artificiellement regroupées du fait de la présence de deux fortes concentrations moyennes.

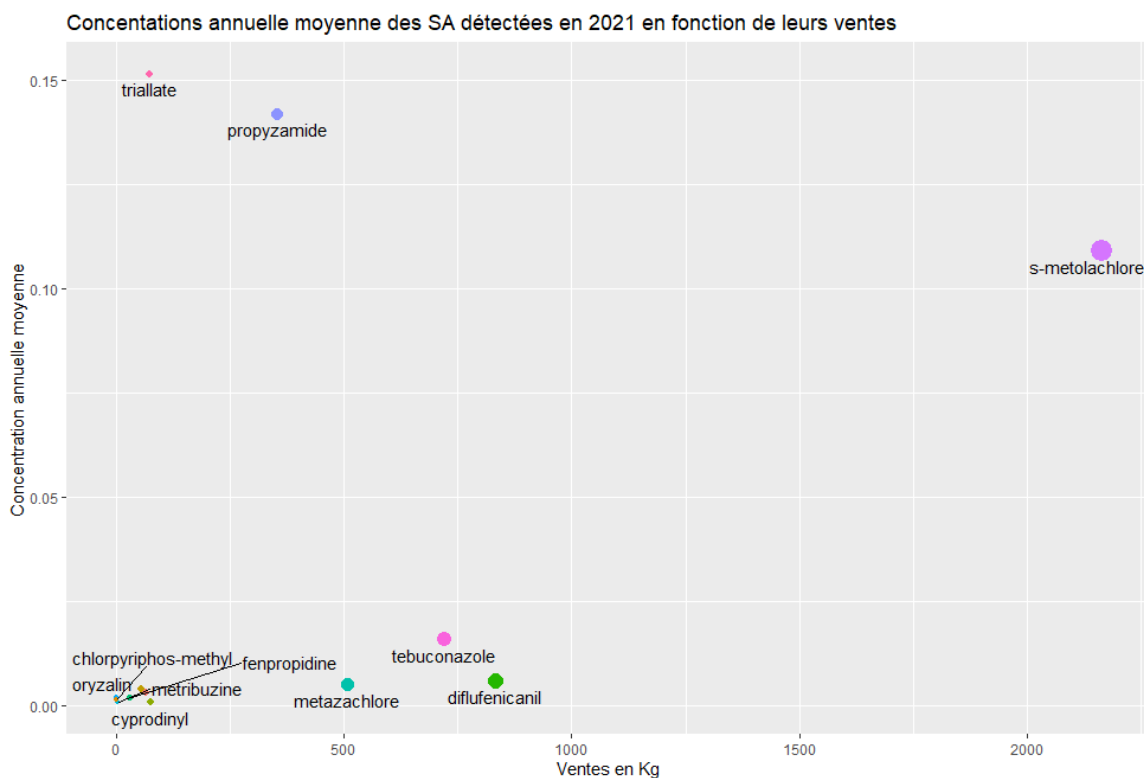


Figure 19: Concentrations en fonction des ventes en substances actives

Le même graphique est réalisé sans le prosulfocarbe et la pendiméthaline (figure 19). On remarque que le triallate et le propyzamide sont vendues dans de faibles quantités mais sont retrouvées dans des concentrations moyennes relativement importantes (plus élevées que le S-métolachlore par ex.).

- Les substances peu vendues et peu quantifiées lors de l'année d'étude.

Les graphiques proposés mettent en lumière plusieurs résultats intéressants :

- Les substances les plus vendues sont retrouvées dans des concentrations plus importantes que des substances vendues dans de plus faibles quantités.
- Cette tendance n'est pas vraie pour l'ensemble des substances actives investiguées.
- Pour expliquer les concentrations dans l'air d'une substance active, il est nécessaire de prendre en considération la quantité de substance vendue mais également les paramètres physico-chimiques de cette dernière qui peuvent expliquer la propagation dans l'air lors de l'utilisation.

3.3 Expositions aux pesticides

3.3.1 Mise en perspective avec d'autres sources d'expositions

Comme présenté précédemment, afin de comparer les expositions par inhalation aux expositions alimentaires, le calcul des DJE alimentaire a été réalisé à partir des résultats de l'enquête en alimentation totale 2 de l'ANSES. Les doses journalières d'expositions obtenues sont présentées en annexe 3 du rapport.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant (tableau 4).

La comparaison ne porte pas sur l'ensemble des substances détectées dans l'air ambiant sur le site de Mordelles. En effet la contamination de certaines de ces substances n'ayant pas été étudiées au cours de l'EAT 2 il n'est pas possible de comparer les deux. Comme pour les DJE par inhalation, les DJE sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$ pour permettre la comparaison des doses journalières d'exposition entre les deux voies.

Tableau 4 : Comparaison des DJE ingestion et DJE inhalation

Substance active	DJE moy ingestion ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$)		DJE moy inhalation ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{j}$)	
	Adultes	Enfants	Adultes	Enfants
Chlorothalonil	0,12	0,15	1,0939E-05	3,2411E-05
Cyprodinil	0,18	0,15	2,1892E-07	6,4865E-07
Fenpropidine	0,02	0,04	0,00000054	0,0000016
Heptachlore	0,26	0,30	4,3784E-07	1,2973E-06
Lindane	0,18	0,24	7,5673E-06	2,2422E-05
Métolachlore	0,10	0,10	2,9445E-05	8,7243E-05
Métribuzine	0,04	0,05	2,1892E-07	6,4865E-07
Pendiméthaline	0,00	0,13	0,00019499	0,00057775
Perméthrine	0,40	0,40	8,8297E-07	2,6162E-06
Propyzamide	0,14	0,14	3,8274E-05	0,00011341
Tebuconazole	0,21	0,24	4,3054E-06	1,2757E-05
Triallate	0,00	0,03	4,0879E-05	0,00012112

On remarque que pour les scénarios moyens, les DJE inhalation sont inférieures aux DJE ingestion. Les différences entre les DJE sont plus ou moins importantes en fonction de la substance considérée.

D'après les résultats obtenus, l'exposition par voie alimentaire semble être supérieur pour l'ensemble des substances étudiées ici dans le cadre d'une exposition moyenne.

4 Discussion

4.1 Historique de la mesure

L'exploitation des données historiques réalisée dans le cadre de la première action de ce stage, permet de comprendre les variations dans les concentrations des substances sur le territoire breton. Cette analyse a également permis de mettre au point une méthode d'étude des données historiques de l'association Air-Breizh.

Dans un premier temps, le travail sur la méthodologie de l'étude a permis de dégager un site d'étude propice à l'analyse. Le site retenu est le site de Mordelles, site historique de la mesure des pesticides dans l'air en Bretagne. Il fait également partie des sites dédiés à la surveillance nationale des pesticides dans l'air, lancée en 2021 (INERIS, 2021), réalisée par les AASQA sur le territoire français. Il s'agit d'un site à vocation pérenne qui sera encore en fonctionnement dans les années à venir, ce qui permettra de compléter l'analyse des variations des concentrations des substances.

Le second apprentissage de la réflexion sur la méthodologie d'étude concerne la période propice à l'étude des concentrations dans l'air. Bien qu'un suivi sur l'année soit optimal, le coup d'une campagne annuelle de suivi de pesticides dans l'air est un facteur limitant ce type d'investigations. Selon notre étude, les périodes les plus propices aux études des concentrations des résidus de pesticides dans l'air sont donc les périodes printanières et automnales. De plus, ces périodes de l'année correspondent avec l'apparition des différents ravageurs et adventices, cela coïncide donc avec les périodes d'usages par les professionnels du monde agricole (H. Li et al., 2014). Les périodes investiguées lors de cette étude correspondent également aux saisons prioritaires pour l'étude des concentrations des résidus en pesticide recommandé à la suite de la campagne nationale exploratoire. On notera cependant que la présence de pesticides est observée toute l'année, sans interruption franche. Un suivi annuel paraît donc opportun afin de ne pas occulter les variations interannuelles.

La première approche utilisée dans l'étude est une analyse historique des concentrations par famille de pesticide (herbicide, fongicide, insecticide). Au cours de la période printanière (S15 → S26) les fongicides sont retrouvés dans les concentrations les plus fortes avec une concentration maximale de 20ng/m³ en 2006. Ceci est vrai pour toutes les années considérées dans l'analyse (n=9) hormis pour l'année 2021 où les herbicides sont majoritaires. La seconde famille quantifiée dans les plus grandes concentrations sont les herbicides. La présence en forte concentration de ces deux types de substances peut s'expliquer par les usages possibles dans cette période de l'année par les professionnels du monde agricole. En effet, les conseils agronomiques dispensés aux agriculteurs suggèrent qu'il s'agit d'une des périodes propices à l'application de ces familles de substances sur les céréales d'hiver, comme le blé ou l'orge par exemple. La famille de

substances phytosanitaires la moins détectée sur la période printanière est celle des insecticides. Cette détection moindre peut également s'expliquer par les avis émis dans les conseils agronomiques.

Sur la période automnale considérée (S40→S50), la famille majoritaire sont les herbicides. Les deux autres familles ne sont quasiment pas quantifiées lors de cette période. Une nouvelle fois, la présence des herbicides dans de fortes concentrations est dû aux conseils d'utilisation des substances. L'automne correspond en particulier à une période décrite comme prioritaire pour l'application des herbicides sur céréales d'hiver.

De manière générale, les résultats mettent en évidence des fluctuations plus ou moins importantes en fonction des années considérées. Ces variations sont explicables par de nombreux facteurs. En premier lieu, les usages des substances sont différents d'une année sur l'autre en raison des conseils prodigués aux professionnels mais également en raison des « pressions » agronomiques qui diffèrent également. En effet, les menaces pesant sur les cultures contre lesquelles les pesticides sont appliquées peuvent varier d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques, par exemple (Launay et al., 2014). Une année pluvieuse va augmenter le risque fongique sur les cultures et donc par la même occasion entrainer un usage plus intensif de substances fongicides pour lutter contre cette menace. Dans un contexte de changement climatique, l'influence des facteurs météorologiques risque d'être de plus en plus importante dans le développement des « menaces » agronomiques et donc dans les usages des produits phytosanitaires. De plus, ces mêmes conditions météorologiques peuvent influencer la volatilisation des substances dans l'air et donc leurs concentrations lors des relevés. Il est à noter que l'analyse par famille qui est présentée dans ce rapport est réalisée sur les 12 substances sélectionnées, présentées en amont. Sur les 12 substances, 4 sont des herbicides, 4 sont des insecticides et enfin 4 sont des fongicides. Cette sélection particulière peut également expliquer les différentes variations mise en avant du fait de la quantification ou non des substances choisies pour l'analyse.

L'approche par substances permet, de voir les contributions de chaque substance dans les concentrations observées lors de l'analyse par famille de pesticides. Dans un premier temps, on remarque que les 4 représentants de la famille des fongicides (Chlorothalonil, Fenpropidine, Folpel, Tébuconazole) sont quantifiés sur la période d'étude (printemps) et sur différentes années. Le chlorothalonil est la substance détectée avec la plus grande concentration avec une maximale à 80ng/m³ lors de l'année 2006. Cette concentration importante en chlorothalonil explique le pic observé pour les fongicides sur l'année 2006 mise en évidence lors de l'étude par famille. Concernant les herbicides, les 4 substances de la famille sont également quantifiées (Acétochlore, Dimethenamide-p, Oxadiazon, Pendiméthaline). Ils sont néanmoins présents dans de plus faibles concentrations que les

substances fongicides avec une concentration maximale pour l'Acétochlore en 2006. Enfin, pour la famille des insecticides, seulement deux substances sont détectées (Lindane et Chlorpyriphos ethyl) sur les quatre présentes dans l'analyse. Le fait que deux des substances insecticides ne soit pas quantifiées, peut donc également expliquer les différences par famille constatées auparavant.

Cette étude par substance permet également de pouvoir réaliser un historique des concentrations. Ainsi, il est possible d'observer les effets des interdictions de certaines substances au travers des concentrations retrouvées dans l'air. Pour l'Acétochlore, après une interdiction émise en 2013 on remarque une absence de quantification à partir de 2014, soit 1 an après l'interdiction d'usage de la substance. Le même constat est réalisable pour le chlorothalonil. Cependant, on n'observe aucune quantification après 2019, cette substance étant devenue interdite cette même année. Le Chlorpyriphos éthyl adopte un changement de concentration similaire après son interdiction en 2020. A l'inverse, l'Oxadiazon pourtant interdit depuis 2018, est quantifié une fois en 2021 dans des concentrations faibles ($\text{max}=0,020 \text{ ng/m}^3$). Une des hypothèses pouvant expliquer la présence de cette substance est l'utilisation d'un stock résiduel par un agriculteur. Pour le Lindane, interdit depuis 1998 et pourtant toujours quantifié, on remarque une baisse des concentrations en fonction des années considérées. La persistance du lindane dans l'environnement peut expliquer la présence de cette substance malgré son interdiction relativement ancienne. En raison de sa persistance, le lindane reste longtemps dans l'ensemble des compartiments de l'environnement (Kumar & Pannu, 2018). Il a en effet été retrouvé dans l'eau, les sédiments, les plantes et les animaux partout dans le monde. Le temps de demi-vie de cette substance est de 708 jours dans les sols et de 2 292 jours dans l'eau (Beyer & Matthies, 2001). Les graphiques proposés mettent en avant la réduction des concentrations des substances interdites, cependant il serait intéressant de mettre ces diminutions en perspective avec les concentrations des substances de substitutions qui ont remplacées les molécules interdites au fur et à mesure des interdictions.

Concernant les substances toujours autorisées, comme la Pendiméthaline ou le Dimethenamide-p, on peut observer une fluctuation des concentrations possiblement en lien avec les usages des substances sur les différentes années.

Les résultats obtenus pour la seconde période d'investigation sont plus contrastés. Sur les douze substances recherchées, uniquement quatre substances sont quantifiées. De plus, l'Acétochlore et le Chlorpyriphos éthyl ne sont détectés qu'à une seule reprise en 2018. La pendiméthaline est la substance avec les plus grandes concentrations sur la période automnale et ce en raison de son utilisation importante en tant qu'herbicide à ce moment de l'année. Le Lindane est également présent sur cette période avec une diminution des concentrations en fonction des années.

Les comparaisons entre les deux saisons restent cependant limitées du fait du nombre d'années d'investigation qui diffère entre les deux analyses. En effet, sur la période du printemps, 10 années de recul étaient disponibles. Pour la période automnale, les données étaient disponibles pour l'analyse que pour 6 ans.

Afin de poursuivre l'analyse historique des concentrations un focus a été réalisé sur deux substances. Les substances en question sont le Prosulfocarbe et le S-Métolachlore. Ce sont les deux substances les plus quantifiées en 2021 (AIR BREIZH, 2021) d'où cette étude sur ces substances en particulier. Pour les deux substances, ce sont les concentrations hebdomadaires par années, des périodes d'application conseillées qui ont été investiguées. Pour le Prosulfocarbe, les données de 5 années sur la période étaient disponible pour l'analyse. Une hausse des concentrations est observée en fonction des années de suivies de la substance dans l'air, avec de manière générale, une hausse à partir de la semaine 44. Les années 2018 et 2020 sont les années avec les concentrations observées les plus importantes. La présence en forte concentration de la substance s'explique notamment par l'utilisation en grande quantité de produits à base de Prosulfocarbe. Il s'agit du principal herbicide utilisé sur les céréales d'hiver en prélevé (ANSES, 2018a). De plus, le Prosulfocarbe est une substance sujette à la dérive lors de l'application en champs (Zaller et al., 2022) ce qui explique la présence de la substance dans le compartiment aérien. Le S-métolachlore est la deuxième ayant fait l'objet d'une analyse propre. Il s'agit d'un herbicide utilisé au printemps et sur le maïs (ANSES, 2018b). Sur la période d'étude définie, 10 années de données sont disponibles pour les analyses. La concentration hebdomadaire la plus importante est observée en 2018 en semaine 22. De manière générale les profils des concentrations sont similaires avec une hausse à partir de la semaine 21. La volatilisation de cette substance après application est également une explication à la présence de S-métolachlore dans l'air. Les pertes par volatilisation de la substance sont estimées à 10% selon une étude (Szarka et al., 2022). La même étude suggère que la présence de S-métolachlore dans l'air pourrait être dû à l'érosion éolienne des sols. En effet, la substance est généralement appliquée sur sol nu au moment de la plantation des graines de maïs dans le sol.

De manière générale, l'analyse des données historiques d'Air-Breizh a permis de mieux appréhender les variations saisonnières des pesticides dans l'air. Cependant l'analyse proposée porte uniquement sur les substances les plus recherchées dans l'air breton et non sur l'ensemble des substances recherchées à l'heure actuelle. Il serait donc intéressant par la suite de mener ce travail d'analyse sur l'ensemble des substances depuis l'année de la mise en place d'un protocole harmonisé. Ce suivi historique pourrait être réalisé au point de vue national afin de disposer d'informations précises sur les contaminations aux

pesticides par l'air. Pour donner suite à ce travail, il pourrait également paraître judicieux de faire évoluer la liste des substances recherchées dans l'air. En effet, certaines substances interdites depuis longtemps ne sont aujourd'hui plus quantifiées, elles pourraient donc être exclues des analyses. Cela permettrait un report analytique sur d'autres substances d'intérêts potentiellement présentes dans l'air et non recherchées aujourd'hui.

4.2 Relation entre la mesure et les usages

L'exploitation de la base nationale des ventes a permis de répondre à différentes questions sur les usages des pesticides et apporte des éclairages au niveau de leurs présence dans l'air.

Le premier enseignement apporté aux regards des résultats obtenus concerne les contributions des zones d'autorisations d'usages. Les substances investiguées dans le cadre de la surveillance ne disposent pas d'autorisation d'usages dans les jardins, l'emploi de ces dernières par des amateurs n'est donc pas possible. Ainsi, les deux zones d'usages restantes, et dont on cherche à connaître les contributions au niveau des achats en substances sont les zones agricoles et non agricoles. L'analyse des codes usages attribués lors de l'autorisation de mise sur le marché des produits a permis de mettre en avant les différences entre les deux zones. D'après cette analyse, 15.52 kg de substances actives sont strictement imputables à un usage en zone non agricole par des professionnels. Sur l'ensemble des substances suivies lors de l'étude seulement 5 disposent d'une quantité de ventes attribuable à une zone non agricole. Cela représente au maximum 6% des ventes déclarées par substance, c'est le cas du Difénoconazole. Sur l'ensemble des ventes restantes, plus de treize tonnes sont concernées par un usage agricole. Ceci peut s'expliquer de plusieurs manières. Tout d'abord d'un point de vue réglementaire. La mise en application, le 1^{er} janvier 2017, de la loi Labbé, interdisant l'usage de produits phytosanitaires dans les espaces verts publics, a occasionnée un changement dans les pratiques. Depuis cette date, l'Etat, les collectivités locales et les établissements publics ne peuvent plus utiliser de produits phytosanitaires pour l'entretien des espaces verts, promenades, forêts et voiries. Le deuxième volet de cette loi, applicable à partir de juillet 2022, accentue les interdictions d'usages. La loi s'applique maintenant aux propriétés privées, aux lieux fréquentés par le public et aux lieux à usage collectif (Arrêté du 15 Janvier 2021). Cette évolution limite ainsi les usages réalisés en zone non agricole par les professionnels de l'aménagement paysagé, par exemple.

Une autre hypothèse d'explication de ces différences, concerne le territoire d'étude lui-même. En effet, Rennes métropole est un territoire agricole classé sous le régime de grande culture. D'après le dernier recensement agricole réalisés en 2020, 55% de la surface métropolitaine est réservée à l'agriculture (AUDIAR, 2022).

Une approche par famille de pesticides a une nouvelle fois été réalisée afin de connaître la contribution de chaque famille dans les ventes réalisées. D'après les résultats obtenus ce sont les herbicides qui sont vendus à plus de 86% sur le territoire de Rennes Métropole. La seconde famille la plus vendue sur l'agglomération rennaise sont les fongicides, ils correspondent à 9,4% des ventes déclarées. Les insecticides correspondent à la famille la moins vendue avec 4,6% des ventes. Cette tendance des ventes se confirme au niveau national sur l'année 2021. D'après une étude réalisée par le ministère de la transition écologique, les ventes sont réparties de la manière suivante : 44% d'herbicides, 41% de fongicides et enfin 11% d'insecticides (Ministère de la transition écologique, 2021).

Même si les données d'achat ne reflètent pas directement les utilisations, les cultures et la superficie agricole du territoire figurent parmi les facteurs explicatifs importants des quantités de ventes. Ainsi, d'après le recensement agricole de 2020 ⁹, 38% de la surface agricole utilisée de la métropole était occupée par des céréales comme le blé. Le recensement montre également que 36% de la surface était réservée aux cultures fourragères comme le maïs. Ces types de cultures sont généralement propices à l'application de substances herbicides afin de lutter contre les adventices des cultures. En effet, les conseils agronomiques dispensés aux agriculteurs mettent en évidence l'importance du désherbage dans les cultures céréalières et fourragères. Les doses appliquées par les agriculteurs influencent également les quantités vendues. Là encore, le conseil agronomique joue un rôle très important qu'il est nécessaire de prendre en considération dans l'analyse des résultats. De plus, les conditions climatiques et sanitaires influencent les consommations en substances actives. L'utilisation accrue de fongicides s'observe les années de forte pluviométrie, tandis que les années caractérisées par des températures élevées sont favorables aux insectes (Ministère de la transition écologique, 2021).

L'approche par substances est réalisée pour l'étude des ventes ceci dans le but de quantifier les achats réalisés en fonction des substances sur le territoire d'étude. Le premier constat est que plus de 90% des ventes sont réalisées sur dix substances. Dans ces dernières, on compte, 8 herbicides, 1 insecticide et 1 fongicide. Les substances vendues dans les plus grandes quantités sont le Prosulfocarbe, la Pendiméthaline et le S-métolachlore. Les ventes rapportées pour ces substances sont respectivement de 3,7 tonnes pour le Prosulfocarbe, 2,1 tonnes pour le S-métolachlore et 1,5 tonnes pour la Pendiméthaline. Ces substances représentent plus de 55% des achats réalisées sur la métropole rennaise. Ce trio de tête correspond également aux produits herbicides les plus fréquemment vendus au niveau national en plus de glyphosate (Ministère de la transition

⁹ https://draaf.bretagne.agriculture.gouv.fr/IMG/html/fts_ra2020_rennes_metropole.html#surfaces-agricoles

écologique, 2021). La présence de huit substances herbicides dans les dix substances les plus vendues à l'échelle de la métropole corroborent les résultats obtenus précédemment lors de l'analyse des ventes par familles. Les paramètres cités lors de l'analyse précédente sont également valables ici concernant les variations de ventes observées entre les substances.

La dernière analyse effectuée ici, est une mise en relation entre les ventes et les concentrations observées dans l'air. Ainsi, on observe que le prosulfocarbe est détecté à une concentration moyenne annuelle forte et est également vendu en quantité importante. La quantité vendue ainsi que la volatilité de la substance explique la concentration moyenne. Le même constat est réalisable pour la Pendiméthaline. Les quantités vendues sont également importante et la volatilité explique de nouveau la concentration moyenne de la substance dans l'air. Le S-métolachlore, pourtant vendu en quantité importante est retrouvé dans des concentrations moindre, voire inférieures à certaines substances largement moins vendues sur le territoire. Le constat inverse est réalisable pour le Triallate et le Propyzamide, les ventes déclarées pour ces deux substances sont « faibles » avec moins de 500kg vendu. Cependant les concentrations moyennes annuelles sont relativement importantes aux vues de leurs ventes. En effet, les concentrations moyennes annuelles calculées pour les deux substances en question sont plus importantes que la concentration moyenne en S-métolachlore, pourtant largement plus vendu. Cette différence peut s'expliquer notamment par les propriétés physico-chimique des substances. Le triallate est une substance avec une volatilité importante au même titre que le Propyzamide. Ces derniers en lien avec les paramètres environnementaux influencent la volatilisation des substances pendant et après leurs applications sur les surfaces de cultures (Bedos et al., 2002; Lichiheb et al., 2014).

L'exploitation de la BNV-D comporte toutefois certaines limites. Dans le cas des usages agricoles, l'acheteur déclare le code postal du siège de l'exploitation. Cette information ne permet pas de connaître précisément le lieu ou encore la période d'application des produits achetés. Les parcelles exploitées peuvent en effet être situées dans des communes ayant un autre code postal, les produits peuvent également être stockés en prévision d'un durcissement de la réglementation, par exemple. Disposer d'une connaissance plus fine sur les ventes mais également des applications en champs permettraient d'avoir une idée plus précise de la volatilisation des substances dans l'atmosphère. De plus, l'utilisation de la surface agricole utile pour estimer les quantités de substances sur les communes de la métropole induit une incertitude sur les quantités attribuée à chaque commune. Afin d'avoir une idée plus précise des usages réalisés, il serait intéressant d'utiliser le registre parcellaire graphique pour estimer avec plus de précision commune par commune les

quantités vendues. Le Registre Parcellaire Graphique, s'il est plus précis sur la localisation des prairies, demande une autorisation spécifique afin d'être utilisé de manière brute, ainsi que des précautions d'utilisation sont également à mettre en évidence. Une approche par le Corine Land cover pourrait également être envisagée (Groshens & Guichard, 2014). Le CORINE Land Cover est un inventaire biophysique de l'occupation des sols produit par interprétation visuelle d'images satellite. Il est produit par interprétation visuelle d'images satellite d'une précision de 20 mètres et permet de cartographier des unités homogènes d'occupation des sols d'une surface minimale de 25 ha. Utiliser ce genre de données permettrait d'avoir une idée précise des usages et d'attribuer une quantité de substances actives en fonction des cultures présentes sur le territoire d'étude.

4.3 Exposition aux pesticides

Lorsque l'on compare la contribution des deux voies d'expositions choisies on remarque que l'exposition par inhalation est inférieure à l'exposition par voie alimentaire pour toutes les substances. Cependant les résultats obtenus doivent être interprétés avec précautions. En effet certains points de vigilances doivent être pris en considérations (ANSES, 2020) :

- Pour comparer ces doses d'exposition par voie respiratoire à d'autres voies comme la voie alimentaire, il est nécessaire d'extrapoler spécifiquement pour chacune, ce qui requiert des paramètres toxicocinétiques difficiles à obtenir.
- Cette extrapolation engendre des incertitudes car la toxicité d'une substance peut varier d'une voie d'exposition à l'autre, en raison de différences dans les mécanismes d'action et la dégradation des substances dans l'organisme.
- De plus, certaines concentrations pourraient être sous-estimées car les taux de captation et les rendements d'extraction ne sont pas pris en compte dans le calcul des concentrations.

Il est également important de prendre en considération que les concentrations utilisées pour calculer la DJE par ingestion d'aliments proviennent d'une étude réalisée en 2011 sur une enquête menée entre 2006 et 2007 (ANSES, 2011). Cette dernière était représentative des consommations alimentaires en France à cette date. Les données de contaminations alimentaires ont donc potentiellement varié depuis la réalisation de cette étude.

L'objectif des travaux réalisés dans le cadre de ce mémoire était de connaître la part des différentes voies possibles dans l'exposition des populations aux pesticides. Pour ce faire les expositions par ingestion alimentaires ont été comparées aux expositions par inhalation. Cependant il ne faut pas occulter les autres voies d'expositions potentiels de la population aux pesticides. En effet les populations peuvent être exposés via l'eau par ingestion, notamment l'eau de boisson (Syafudin et al., 2021). L'exposition cutanée aux pesticides

est également possible (Z. Li & Jennings, 2017). L'ingestion de poussière peut également être une source d'exposition aux pesticides, notamment chez les jeunes enfants jouant généralement près du sol (Pascale & Laborde, 2020).

Du fait de la problématique multivoies d'exposition, des populations aux pesticides, il serait intéressant d'étendre ce travail de « comparaison » aux autres voies possibles d'expositions des populations aux pesticides.

5 Conclusion

L'exploitation des données historiques des mesures réalisées par Air Breizh a permis une meilleure connaissance des variations dans les concentrations en substances actives dans l'air breton. Celle-ci a par la même occasion permis de mettre en place une méthodologie pour l'étude des données historique de l'association.

Afin de mettre en place cette méthodologie d'étude, des choix ont été opérés. La sélection du site d'étude propice aux analyses a dans un premier temps été effectué, en l'occurrence Mordelles, site historique de la mesure des pesticides en Bretagne et faisant partie du réseau national de surveillance des pesticides dans l'air.

La sélection du site d'étude a permis de suivre les concentrations en substances actives dans l'air au cours des différentes saisons, notamment au printemps et à l'automne, ces dernières correspondant aux périodes d'application préférentielle des produits phytopharmaceutiques sur les cultures.

L'analyse par famille réalisée dans ce rapport a favorisé la mise en évidence de l'importance des saisons dans les concentrations relevées par Air Breizh. En effet, au printemps, la famille des fongicides a été détectée aux concentrations les plus élevées, suivis des herbicides, les insecticides étant moins présents sur cette période. En automne, les herbicides ont été davantage quantifiés, à l'inverse des deux autres familles. Les changements observés dans les concentrations d'une année sur l'autre peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment les conditions météorologiques ou encore les pratiques agricoles réalisées sur le territoire.

L'analyse détaillée par substance a mis en évidence les variations observées aux fils des années. Les recommandations d'usages ainsi que les différentes interdictions de telle ou telle substance ont eu des effets sur les concentrations dans l'air. Les variations peuvent également être impactées par des facteurs environnementaux, comme la persistance des substances dans l'environnement par exemple ou encore la remise en suspension de la substance lors de travaux agricoles, comme le labour par exemple.

L'exploitation de la BNVD a permis d'obtenir des informations sur les usages et les contributions de chaque type de zone (agricole et non agricole) ainsi que des familles de pesticides les plus utilisées sur le territoire de l'étude, Rennes Métropoles. Les résultats montrent que les herbicides représentent les ventes les plus importantes, les fongicides sont la deuxième famille la plus représentée dans les ventes. Enfin les insecticides représentent les plus faibles quantités vendues. Les résultats sont cohérents avec les pratiques agricoles du territoire et les réglementations en vigueur.

Les ventes rapportées par l'étude de la BNVD ont également été mises en relation avec les concentrations relevées en 2021. D'après l'étude menée, les substances les plus vendues sur le territoire de l'étude ne sont pas forcément celles ayant les concentrations les plus

élevées dans l'air. Cette observation s'explique notamment par les facteurs physico-chimiques. Une substance peu vendue mais très volatile peut en effet être retrouvée en plus grande concentration dans l'air qu'une substance vendue en grande quantité mais avec une volatilité plus faible.

Enfin, l'analyse des expositions aux pesticides a montré que l'exposition par inhalation pouvait être inférieure à l'exposition par ingestion alimentaire pour l'ensemble des substances. Cependant, cette comparaison nécessitait des paramètres toxicocinétiques spécifiques pour chaque voie, ce qui générait des incertitudes.

Pour conclure, ce rapport contribue à mieux comprendre les variations des concentrations de pesticides dans l'air en Bretagne et met en évidence l'importance des pratiques agricoles, des réglementations et des conditions environnementales dans les expositions aux pesticides. Des recommandations ont été formulées pour poursuivre et étendre ce type d'analyse en prenant en compte d'autres voies d'exposition et en améliorant la précision des données utilisées.

Bibliographie

- AIR BREIZH. (2021). *Les pesticides dans l'air. Bilan annuel 2021* (p. 56). AIR BREIZH.
https://www.airbreizh.asso.fr/voy_content/uploads/2022/11/air-breizh_rapport-pesticides-2021_v260722.pdf
- ANSES. (2011). *Etude de l'alimentation totale française 2 (EAT2). Tome 2. Résidus de pesticides, additifs, acrylamide, hydrocarbures aromatiques polycycliques* (p. 405).
<https://www.anses.fr/fr/system/files/PASER2006sa0361Ra2.pdf>
- ANSES. (2016). *Etude de l'alimentation totale infantile. Tome 2-Partie 4. Résultats relatifs aux résidus de pesticides* (p. 378).
<https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2010SA0317Ra-Tome2-Part4.pdf>
- ANSES. (2018a). *Pharmacovigilance : Synthèse des données de surveillance. Prosulfocarbe*. https://www.anses.fr/fr/system/files/Fiche_PPV_Pro sulfocarbe.pdf
- ANSES. (2018b). *Phytopharmacovigilance : Synthèse des données de surveillance. S-métolachlore*. https://www.anses.fr/fr/system/files/Fiche_PPV_S-metolachlore.pdf
- ANSES. (2020). *Campagne nationale exploratoire des pesticides dans l'air ambiant. Premières interprétations sanitaires* (p. 152).
<https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2020SA0030Ra.pdf>
- ANSES. (2021). Bilan 2018 des appels aux centres antipoison pour exposition à un produit phytopharmaceutique. *Vigil'Anses - Bulletin des vigilances de l'Anses*, 14.
https://vigilances.anses.fr/sites/default/files/VigilAnsesN14_Juin2021_BilanPPP.pdf
- Arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, TRER2110272A 28 (2021).
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043388197>

AUDIAR. (2022). *Une métropole rennaise dynamique qui a préservé son caractère agricole.*

https://www.audiar.org/sites/default/files/documents/etudes/note-agriculture-rm_web_0.pdf

Baldi, I., Lebailly, P., Bouvier, G., Rondeau, V., Kientz-Bouchart, V., Canal-Raffin, M., & Garrigou, A. (2014). Levels and determinants of pesticide exposure in re-entry workers in vineyards : Results of the PESTEXPO study. *Environmental Research*, 132, 360-369. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.04.035>

Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E., & Gabrielle, B. (2002). Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants : Overview. *Agronomie*, 22(1), 21-33. <https://doi.org/10.1051/agro:2001003>

Beyer, A., & Matthies, M. (2001). Long-Range transport potential of semivolatile organic chemicals in coupled air-water systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 8(3), 173-179. <https://doi.org/10.1007/BF02987382>

Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C., & Beane Freeman, L. (2015). Pesticides and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(2), 81-82.

Charbonnier, E., & Pringard, N. (2022). *Index Acta phytosanitaire : 2023*. Association de coordination technique agricole.

Eau Seine Normandie. (2019). *Les redevances de l'agence de l'eau Seine-Normandie 2019-2024*.

EFSA, E. F. S., Charistou, A., Coja, T., Craig, P., Hamey, P., Martin, S., Sanvido, O., Chiusolo, A., Colas, M., & Istace, F. (2022). Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment of plant protection products. *EFSA Journal*, 20(1), e07032. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7032>

El-Nahhal, I., & El-Nahhal, Y. (2021). Pesticide residues in drinking water, their potential risk to human health and removal options. *Journal of Environmental Management*, 299, 113611. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113611>

Geissen, V., Silva, V., Lwanga, E. H., Beriot, N., Oostindie, K., Bin, Z., Pyne, E., Busink, S., Zomer, P., Mol, H., & Ritsema, C. J. (2021). Cocktails of pesticide residues in

- conventional and organic farming systems in Europe – Legacy of the past and turning point for the future. *Environmental Pollution*, 278, 116827. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116827>
- Groshens, E., & Guichard, L. (2014). *Spatialisation des données de ventes de pesticides*. INERIS. (2021). *Communiqué de presse*.
- INSERM. (2013). *Expertise collective. Pesticides effets sur la santé*. https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/media/entity_documents/inserm-ec-2013-pesticideseffetsante-synthese.pdf
- INSERM. (2021). *Expertise collective. Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données* (p. 1036). <https://www.inserm.fr/wp-content/uploads/2021-07/inserm-expertisecollective-pesticides2021-rapportcomplet-0.pdf>
- Kim, K.-H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment*, 575, 525-535. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>
- Kumar, D., & Pannu, R. (2018). Perspectives of lindane (γ -hexachlorocyclohexane) biodegradation from the environment : A review. *Bioresources and Bioprocessing*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s40643-018-0213-9>
- Langenbach, T., Campos, T. M. P. de, Caldas, L. Q., Langenbach, T., Campos, T. M. P. de, & Caldas, L. Q. (2021). Why Airborne Pesticides Are So Dangerous. In *Environmental Sustainability—Preparing for Tomorrow*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95581>
- Launay, M., Caubel, J., Bourgeois, G., Huard, F., Garcia De Cortazar-Atauri, I., Bancal, M.-O., & Brisson, N. (2014). Climatic indicators for crop infection risk : Application to climate change impacts on five major foliar fungal diseases in Northern France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.020>
- LCSQA. (2018). *Protocole harmonisé pour la campagne nationale exploratoire de surveillance des pesticides dans l'air ambiant*.

https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2018-protocole_harmonis%C3%A9_campagne_pesticides-.pdf

Li, H., Ma, H., Lydy, M. J., & You, J. (2014). Occurrence, seasonal variation and inhalation exposure of atmospheric organophosphate and pyrethroid pesticides in an urban community in South China. *Chemosphere*, 95, 363-369. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.046>

Li, Z., & Jennings, A. (2017). Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 826. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070826>

Lichiheb, N., Personne, E., Bedos, C., & Barriuso, E. (2014). Adaptation of a resistive model to pesticide volatilization from plants at the field scale : Comparison with a dataset. *Atmospheric Environment*, 83, 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.11.004>

Loi n° 2006-1772, (2006).

Ministère de la transition écologique. (2021). *État des lieux des ventes et des achats de produits phytosanitaires en France en 2021*.

Mir, S. A., Dar, B. N., Mir, M. M., Sofi, S. A., Shah, M. A., Sidiq, T., Sunooj, K. V., Hamdani, A. M., & Mousavi Khaneghah, A. (2022). Current strategies for the reduction of pesticide residues in food products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106, 104274. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104274>

MSA. (2015). *Bilan des observations du Réseau Phyt'Attitude Du 1er janvier 2011 au 31 décembre* 2014. <https://bcl.msa.fr/lfp/documents/98845/82227723/Bilan+des+observations+du+R%C3%A9seau+Phyt%e2%80%99Attitude>

MSA. (2019). *Rapport synthétique des observations du réseau Phyt'Attitude*. <https://ssa.msa.fr/wp-content/uploads/2021/11/2019-Rapport-annuel-PhytAttitude-externe.pdf>

- ONU. (1998). *Protocole à la convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, de 1979, relatif aux polluants organiques persistants*. Organisation des Nations Unies. https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1998.Pops_.f.pdf
- ONU. (2009). *Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants telle qu'amendée en 2009*. http://chm.pops.int/Portals/0/sc10/files/a/stockholm_convention_text_f.pdf
- Règlement (CE) no 1107/2009, (2009).
- Pascale, A., & Laborde, A. (2020). Impact of pesticide exposure in childhood. *Reviews on Environmental Health*, 35(3), 221-227. <https://doi.org/10.1515/reveh-2020-0011>
- Richards, J., Reif, R., Luo, Y., & Gan, J. (2016). Distribution of pesticides in dust particles in urban environments. *Environmental Pollution*, 214, 290-298. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.025>
- SPF. (2021a). *Imprégnation de la population française par les organophosphorés spécifiques et non spécifiques. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014-2016*.
- SPF. (2021b, avril 14). *Pollution de l'air ambiant : Nouvelles estimations de son impact sur la santé des Français*. <https://www.santepubliquefrance.fr/presse/2021/pollution-de-l-air-ambiant-nouvelles-estimations-de-son-impact-sur-la-sante-des-francais>
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-onazi, W. A., Algarni, T. S., Almarri, A. H., & Al-Mohaimed, A. M. (2021). Pesticides in Drinking Water—A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 468. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020468>
- Szarka, A. Z., Grant, S., Ghosh, S., Hollingshead, S., Mayer, L. C., Williams, A. P., & Crist, K. (2022). S-Metolachlor Volatilization from Plants within a Flux Chamber. *ACS Agricultural Science & Technology*, 2(5), 980-987. <https://doi.org/10.1021/acsagscitech.2c00124>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C., & Phung, D. T. (2021). Agriculture Development, Pesticide Application and Its Impact on the

- Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.*
- Yusà, V., Coscollà, C., & Millet, M. (2014). New screening approach for risk assessment of pesticides in ambient air. *Atmospheric Environment*, 96, 322-330. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.07.047>
- Zaller, J. G., Kruse-Plaß, M., Schleichriemen, U., Gruber, E., Peer, M., Nadeem, I., Formayer, H., Hutter, H.-P., & Landler, L. (2022). Pesticides in ambient air, influenced by surrounding land use and weather, pose a potential threat to biodiversity and humans. *Science of The Total Environment*, 838, 156012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156012>

Liste des annexes

Annexe 1 : Historique des campagnes de mesures

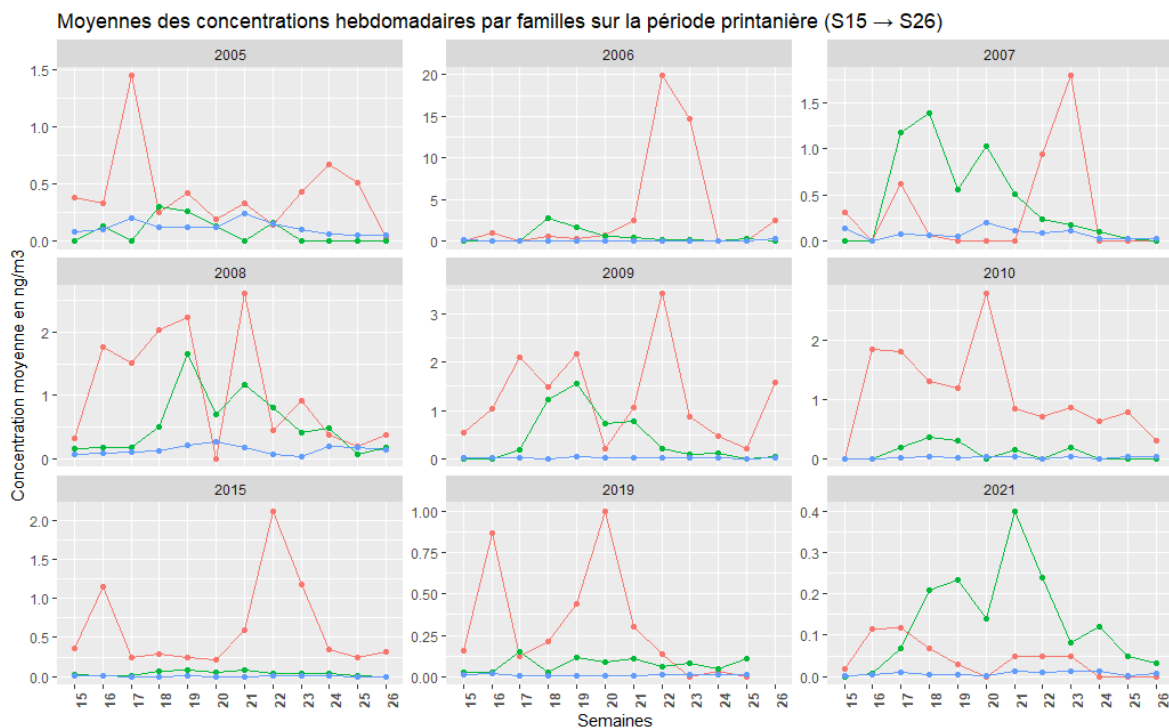
Annexe 2 : Moyennes des concentrations hebdomadaires par famille printemps 2021

Annexe 3 : DJE par ingestion calculées à partir des résultats obtenus lors de l'étude EAT2

Annexe 1 : Historique des campagnes

	Nbre de prélèvement hebdomadaire	Mois																																																			
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre																																								
2002	5	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52
2003	10	Bignan (56)																																																			
2004	13	Rennes (35)																																																			
2005	12	Le Rheu & Vezin le Coquet (35)																																																			
2006	12	Mordelles (35) & Pontivy (22)																																																			
2007	20	Mordelles (35)																																																			
2008	20	Mordelles (35)																																																			
2009	31	Mordelles (35)																																																			
2010	15	Mordelles (35)																																																			
2011	trvx	TRAVAUX SUR LE SITE DE MORDELLES																																																			
2012	6	Mordelles (35)																																																			
2013	7	Mordelles suite (35)																																																			
2014	11	Mordelles (35)																																																			
2015	26	Mordelles (35)																																																			
2016	0																																																				
2017	20	Bignan (56) - REPPAIR																																																			
2018	20	Bignan (56) - REPPAIR																																																			
	64	Campagne nationale ANSES (3 sites)																																																			
	20	Bignan (56) - REPPAIR																																																			
2019	52	Campagne nationale ANSES (3 sites)																																																			
	17	Mordelles (35)																																																			
2020	13	Mordelles (35)																																																			
2021	85	Kergoff (22) / Mordelles (35) / Rennes Pays Bas (35)																																																			
		Campagne nationale ANSES Mordelles (35)																																																			
2022	77	Rennes Thabor (35)																																																			
		Campagne nationale ANSES Mordelles (35)																																																			

Annexe 2 : Moyennes des concentrations hebdomadaires par famille printemps 2021



Annexe 3 : DJE par ingestion calculées à partir des résultats obtenus lors de l'étude EAT2

Substance active	DJE moy ingestion (mg/kg pc/j)		DJE P95 ingestion (mg/kg pc/j)	
	Adultes	Enfants	Adultes	Enfants
Chlorothalonil	0,00012000	0,00015000	0,00022500	0,00030000
Cyprodinil	0,00018000	0,00015000	0,00036000	0,00036000
Fenpropidine	0,00002000	0,00004000	0,00004000	0,00008000
Heptachlore	0,00026490	0,00029940	0,00046790	0,00061960
Lindane	0,00017500	0,00024000	0,00028500	0,00046000
Metolachlore	0,00010000	0,00010000	0,00010000	0,00020000
Metribuzine	0,00003900	0,00005200	0,00010400	0,00013000
Pendimethaline	0,00000000	0,00012500	0,00012500	0,00012500
Permethrine	0,00040000	0,00040000	0,00070000	0,00075000
Propyzamide	0,00014000	0,00014000	0,00024000	0,00028000
Tebuconazole	0,00021000	0,00024000	0,00039000	0,00048000
Triallate	0,00000000	0,00002500	0,00000000	0,00002500

GUILLAUME

Killian

15/09/2023

Méthodes et outils en santé publique environnementale
Promotion 2022-2023

Pesticides in the air: Contamination and exposure

PARTENARIAT UNIVERSITAIRE : Université de Rennes / Université de Rennes 2

Abstract :

"Pesticide" comes from the Latin Pestis: plague and Caedere: to kill. The term is often associated with products used in agriculture to control weeds or protect crops from pests such as insects or disease vectors such as fungi.

The harmful impact of pesticides on health is now well-documented under various conditions of human exposure.

With the support of ARS Bretagne, Air Breizh has drawn up a regional monitoring strategy to provide a framework for its activities in the region, with the aim of helping to improve knowledge of pesticides in the air. The association has been carrying out measurement campaigns in Brittany since 2002.

In this context, the internship will contribute to the exploitation of data collected in Brittany, with the general aim of providing additional knowledge on levels of pesticide contamination in the air, spatio-temporal trends, the determinants of this contamination and their interpretation in terms of population exposure.

Key words :

Air / Agriculture / Exposure / Contamination / Pesticides

L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

GUILLAUME

Killian

15/09/2023

Méthodes et outils en santé publique environnementale
Promotion 2022-2023

Pesticide dans l'air : Contamination et exposition

PARTENARIAT UNIVERSITAIRE : Université de Rennes / Université de Rennes 2

Résumé :

« **Pesticide** » vient du latin *Pestis* : fléau et *Caedere* : tuer. Ce terme est souvent associé aux produits utilisés en agriculture pour lutter contre les adventices ou protéger les cultures des nuisibles comme les insectes ravageurs ou les organismes vecteurs de maladie tel que les champignons.

L'impact néfaste des pesticides sur la santé est aujourd'hui bien documenté dans différentes conditions d'expositions humaines.

Avec le soutien de l'ARS Bretagne, Air Breizh a élaboré une stratégie régionale de surveillance permettant de poser un cadre d'action pour son activité sur le territoire, dans le but de contribuer à l'amélioration des connaissances sur les pesticides dans l'air. Des campagnes de mesure sont réalisées depuis 2002 par l'association sur le territoire breton.

Dans ce contexte, le stage contribue par ces actions à l'exploitation des données recueillies en Bretagne, avec pour objectif général **d'apporter une connaissance complémentaire sur les niveaux de contaminations des pesticides dans l'air, les évolutions spatio-temporelles, les déterminants de ces contaminations et leur interprétation en termes d'exposition des populations.**

Mots clés :

Air / Agriculture / Exposition / Contamination / Pesticides

L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.