



PWRP3 - Fiche action 3.6.1.1.1
***Réseaux de surveillance des risques liés aux pesticides présents
dans l'air ambiant et les sols en Wallonie***

Projet SuRiPest

Benchmarking des réseaux de surveillance des pesticides dans
l'environnement en Wallonie et en Europe et détermination des
listes 'a priori' de substances actives d'intérêt

-

Volet 1 – « Matrice air »

Rapport n° RP1-RAP-24-00427

Eric GISMONDI & Caroline THIRY

AUTEURS

GISMONDI ERIC, ATTACHÉ, CELLULE ENVIRONNEMENT-SANTÉ, DIRECTION DES RISQUES CHRONIQUES, ISSEP.

THIRY CAROLINE, ATTACHÉ, CELLULE ENVIRONNEMENT-SANTÉ, DIRECTION DES RISQUES CHRONIQUES, ISSEP.

RELECTEURS

BLONDEL ALODIE, RESPONSABLE DE RECHERCHE/PROJET, UNITE PRODUITS DE PROTECTION, DE CONTROLE ET RESIDUS, DEPARTEMENT CONNAISSANCE ET VALORISATION DES PRODUITS, CENTRE WALLON DE RECHERCHES AGRONOMIQUES (CRA-W, GEMBLOUX)

PIGEON OLIVIER, DIRECTEUR SCIENTIFIQUE, UNITE PRODUITS DE PROTECTION, DE CONTROLE ET RESIDUS, DEPARTEMENT CONNAISSANCE ET VALORISATION DES PRODUITS, CENTRE WALLON DE RECHERCHES AGRONOMIQUES (CRA-W, GEMBLOUX)

CHRETIEN EVE, INGENIEUR D'ETUDES, ENJEUX EMERGENTS, DIRECTION ACCOMPAGNEMENT ET DEVELOPPEMENT, ATMO-GRAND EST (FRANCE)

MONSEUR Loïc, CHARGE DE MISSION, ABSL CORDER (COORDINATION RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT RURAL)

RÉSUMÉ	5
INTRODUCTION	9
SUBSTANCES ACTIVES AGRÉÉES EN BELGIQUE	11
BILAN DES RESEAUX DE SURVEILLANCE EXISTANTS EN BELGIQUE	12
a) Réseau de surveillance des eaux de surface (ESu)	12
b) Réseau de surveillance des eaux souterraines (ESo)	14
c) Réseau de surveillance des eaux destinées de la consommation humaine (EDCH)	15
d) Réseau de surveillance des denrées alimentaires.....	16
e) Suivi complémentaire : Biomonitoring Humain Wallon (BMH-Wal) - surveillance des imprégnations en pesticides de la population générale wallonne.	18
BENCHMARKING DE SURVEILLANCE DES PESTICIDES DANS L’AIR AMBIANT	20
a) ... en Belgique (Wallonie).....	20
b) ... en Europe.....	24
c) Evaluation des risques des pesticides présents dans l’air ambiant	29
HIÉRARCHISATION DES SUBSTANCES ACTIVES D’INTÉRÊTS	31
a) Méthodologie.....	31
b) Résultats de hiérarchisation	35
c) Produits phytopharmaceutiques autorisés d’utilisation par les professionnels en Wallonie	36
CONCLUSIONS	37
RÉFÉRENCES	38
ANNEXES	41

Des quantités importantes de pesticides sont utilisées par les agriculteurs, les horticulteurs, les entreprises de parcs et jardins, les transports publics et autres professionnels, mais également les particuliers. Les pesticides sont utilisés pour lutter contre les organismes nuisibles. Parmi les pesticides, les produits de protection des plantes (PPP) ou produits phytopharmaceutiques ont pour but de protéger les végétaux des maladies, ravageurs et adventices. Par ailleurs, depuis plusieurs décennies, de nombreuses études mettent en lien l'exposition à ces pesticides et des effets sanitaires tels que des troubles neurologiques, du développement ou encore des perturbations endocriniennes, via l'ingestion, l'inhalation ou le contact cutané qui sont les voies privilégiées d'exposition aux pesticides. De ce fait, en Europe, la Directive 2009/128/EC sur l'utilisation des pesticides compatible avec le développement durable enjoint les États membres à développer des plans d'actions en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement.

Actuellement, en Belgique, il existe des réseaux de surveillance de la qualité de l'eau (compétence régionale) et des denrées alimentaires (ASFCA, compétence fédérale). Cependant, aucun programme de surveillance n'existe pour l'air ambiant alors même que des études récentes (projets EXPOPESTEN, PROPULPPP) ont démontré la présence de certains pesticides dans l'air ambiant.

Le 1^{er} volet du projet SuRiPest vise à réaliser un inventaire des connaissances et des données existantes sur les pesticides en Wallonie (substances actives (s.a.) agréées, utilisées en agriculture, réseaux de surveillance existants), ainsi qu'un benchmarking des réseaux de surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols en Europe. Cette première étape a également pour but d'établir des listes « a priori » de s.a. d'intérêts à surveiller dans les réseaux développés sur base d'informations théoriques (ex. paramètres physico-chimiques des s.a.).

En Wallonie, il existe actuellement 3 réseaux de surveillance des pesticides dans les eaux (eaux de surface (ESu), eaux souterraines (ESo), eaux de distribution pour la consommation humaine (EDCH)) et un réseau de surveillance existe au niveau national pour les denrées alimentaires (contrôle des denrées alimentaires par l'AFSCA). Par ailleurs, bien que de nombreux pesticides soient analysés dans les différentes eaux, une grande majorité des pesticides suivis ont été interdits depuis plusieurs années et seule une faible proportion (5 à 10%) des s.a. autorisées en Belgique sont suivies dans ces réseaux existants. Le réseau de surveillance des denrées alimentaires est le réseau analysant le plus de pesticides puisqu'il couvre environ 90% des s.a. autorisées en Belgique.

Le benchmarking a permis de mettre en évidence que la France est actuellement le seul pays d'Europe doté d'un réseau pérenne de surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant. De plus, la méthodologie couramment employée et similaire à l'ensemble des études de cette thématique fait état de l'utilisation de préleveurs actifs avec un support de piégeage composé d'un filtre (capture phase particulaire) et d'une mousse PUF (PolyUrethane Foam) (capture phase gazeuse).

Enfin, l'étape de hiérarchisation des substances actives selon une approche théorique a permis de définir une liste de 71 s.a. dites « prioritaires » et une liste de 24 s.a. dites « hautement prioritaires ». De plus, une liste de 135 s.a. autorisées pour les usages professionnels (notamment sur les 17 cultures principales de Wallonie représentant ~85% de la surface agricole utile) et donc possiblement détectable dans l'air ambiant a été déterminée suite à la consultation de la base de données Phytoweb.

Mots-clés : pesticides, produits phytosanitaires, air ambiant, réseaux de surveillance, substances actives, préleveurs moyen-débit

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 BILAN DES SUBSTANCES ACTIVES AUTORISEES ET RECEMMENT INTERDITES EN BELGIQUE (DONNEES JUIN 2023 – EU PESTICIDES DATABASE)	11
FIGURE 2 COMPOSITION D’UN ÉCHANTILLONNEUR PASSIF UTILISÉ EN ALLEMAGNE (KRUSE-PLAß ET AL. 2021)	24
FIGURE 3 NOMBRE DE SUBSTANCES ACTIVES ÉTUDIÉES POUR LA DÉTERMINATION DES LISTES « A PRIORI ».....	31
FIGURE 4 ÉCHELLE DE SCORE DE PRIORITÉ ET NOMBRE DE S.A. DANS CHAQUE CATÉGORIE DE LISTE.	36

TABLEAU 1 LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES ET METABOLITES SUIVIS DANS LE RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX DE SURFACE (ESU) ET LES FREQUENCES D'ÉCHANTILLONNAGE	13
TABLEAU 2 LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES ET METABOLITES SUIVIS DANS LA WATCH LIST DU RESEAU ESU SELON LES ANNEES.	13
TABLEAU 3 LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES ET METABOLITES SUIVIS DANS LE RESEAU DE SURVEILLANCE DES EAUX SOUTERRAINES (ESO) ..	15
TABLEAU 4 LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES ET METABOLITES « PERTINENTS » ET « NON-PERTINENTS » SUIVIS DANS LE RESEAU EDCH....	16
TABLEAU 5 SYNTHÈSE DU NOMBRE DE SUBSTANCES ACTIVES ANALYSÉES DANS CHAQUE RÉSEAU DE SURVEILLANCE EN WALLONIE PAR RAPPORT À LA LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES AUTORISÉES ET RÉCEMMENT INTERDITES EN BELGIQUE (DONNÉES DE JUIN 2023)....	18
TABLEAU 6 LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES POUVANT ÊTRE À L'ORIGINE DES METABOLITES MESURÉES DANS L'ÉTUDE BMH-WAL.....	19
TABLEAU 7 LISTES DES CRITÈRES RETENUS POUR LA SÉLECTION DES SUBSTANCES ACTIVES PERTINENTES À ANALYSER DANS LA MATRICE AIR LORS DU PROJET EXPOPESTEN.	20
TABLEAU 8 LISTE DES 46 SUBSTANCES ACTIVES SÉLECTIONNÉES POUR L'ÉTUDE EXPOPESTEN	21
TABLEAU 9 LISTE DES 18 SUBSTANCES ACTIVES SÉLECTIONNÉES ET SUIVIES DANS LE PROJET PROPULPPP	22
TABLEAU 10 SUBSTANCES ACTIVES RECHERCHÉES DANS LA MATRICE AIR (CORS ET AL. 2022)	23
TABLEAU 11 VALEURS PAR DÉFAUT DU TAUX D'INHALATION ET DU POIDS CORPOREL POUR 3 CATÉGORIES RECOMMANDÉS PAR US EPA ET WHO DANS L'ÉVALUATION DU RISQUE SANITAIRE.....	30
TABLEAU 12 CRITÈRES SÉLECTIONNÉS POUR LA HIÉRARCHISATION DES SUBSTANCES ACTIVES D'INTÉRÊT POUR LA MATRICE 'AIR'	31
TABLEAU 13 CRITÈRES UTILISÉS POUR DÉTERMINER LA PRÉSENCE POTENTIELLE D'UNE SUBSTANCE ACTIVE DANS L'AIR AMBIANT.....	32
TABLEAU 14 CATÉGORIES DES QUANTITÉS DE SUBSTANCES ACTIVES UTILISÉES ESTIMÉES EN WALLONIE ET LES SCORES ASSOCIÉS	32
TABLEAU 15 CRITÈRES DE TOXICITÉ RETENUS POUR LES EFFETS CANCÉROGÈNES POUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ CHRONIQUE ET SCORE ATTRIBUÉ (ANSES, 2017).....	33
TABLEAU 16 CRITÈRES DE TOXICITÉ RETENUS POUR LES EFFETS MUTAGÈNES POUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ CHRONIQUE ET SCORE ATTRIBUÉ (ANSES, 2017).....	34
TABLEAU 17 CRITÈRES DE TOXICITÉ RETENUS POUR LES EFFETS TOXIQUES SPÉCIFIQUES À CERTAINS ORGANES CIBLES LORS D'EXPOSITION RÉPÉTÉE POUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ CHRONIQUE ET SCORE ATTRIBUÉ (ANSES, 2017)	34
TABLEAU 18 CRITÈRES DE TOXICITÉ RETENUS POUR LES EFFETS PERTURBATEURS ENDOCRINIENS (PE) POUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ CHRONIQUE ET SCORE ATTRIBUÉ (ANSES, 2017).....	34
TABLEAU 19 CRITÈRES DE TOXICITÉ RETENUS POUR LES EFFETS SUR LA REPRODUCTION POUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ CHRONIQUE ET SCORE ATTRIBUÉ (ANSES, 2017)	35

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 LISTE DE SUBSTANCES ACTIVES 'A PRIORI' PRIORITAIRES À SUIVRE DANS L'AIR AMBIANT.....	41
ANNEXE 2 LISTE DE SUBSTANCES ACTIVES 'A PRIORI' HAUTEMENT PRIORITAIRES À SUIVRE DANS L'AIR AMBIANT.....	43
ANNEXE 3 LISTE DES 135 SUBSTANCES ACTIVES AUTORISEES D'UTILISATION PAR LES PROFESSIONNELS SUR LES 17 CULTURES PRINCIPALES EN WALLONIE (BD PHYTOWEB, CONSULTATION OCTOBRE 2023)	44

Introduction

Des quantités importantes de pesticides¹ sont utilisées par les agriculteurs, les horticulteurs, les entreprises de parcs et jardins, les transports publics et autres professionnels, mais également les particuliers. Ils ont comme caractéristique principale de lutter contre des organismes nuisibles (animaux, végétaux, champignons), mais peuvent également réguler la croissance des végétaux, avoir des propriétés défoliantes ou dessiccantes, ou encore améliorer le stockage ou le transport de produits agricoles.

Depuis plusieurs décennies, de nombreuses études mettent en lien l'exposition à ces pesticides et des effets sanitaires tels que des troubles neurologiques, du développement ou encore des perturbations endocriniennes (Rani *et al.*, 2021), via l'ingestion, l'inhalation ou le contact cutané qui sont les voies privilégiées d'exposition aux pesticides.

De ce fait, en Europe, la Directive 2009/128/EC² enjoint les États membres à développer des plans d'actions en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides sur la santé humaine et l'environnement. Malgré ces directives et les bonnes pratiques dont font preuve les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques (PPP), la dispersion des pesticides dans l'environnement reste encore peu maîtrisée. Les PPP peuvent donc être omniprésents dans nos milieux de vie, causant ainsi des risques pour la santé humaine.

En Belgique, la quantité totale de substances actives (s.a.) de PPP vendues en 2020 était de 5 518 tonnes, dont 97,4% (5 374 tonnes) utilisées par les professionnels (agriculteurs, entrepreneurs de parcs et jardins, gestionnaires des infrastructures ferroviaires, gestionnaires des espaces publics, ...).

En Wallonie, il est estimé qu'environ 1 200 à 1 500 tonnes de PPP (principalement herbicides, fongicides et insecticides) sont épanchés chaque année sur les Surfaces Agricoles Utilisées qui représentent environ 44% du territoire (EEW³).

Actuellement, en Belgique, il existe des réseaux de surveillance des pesticides dans l'environnement pour les eaux de surface (ESu), souterraines (Eso) et de distribution (EDCH) et dans les denrées alimentaires (AFSCA, compétence fédérale), mais aucun programme de surveillance n'existe pour l'air ambiant. Pourtant, de nombreuses études menées en Europe mais aussi en Amérique du Nord montrent la présence de divers pesticides dans l'air ambiant, que ce soit en milieu urbain ou rural (Coscollà *et al.*, 2010; Désert *et al.*, 2018; Duong *et al.*, 2021; Giusti *et al.*, 2018a; Yusà *et al.*, 2014).

L'objectif du projet SuRiPest est de mettre en place deux programmes de surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols, afin d'avoir une vision générale de la contamination par les pesticides des différents compartiments environnementaux, mais aussi dans le but de collecter les données nécessaires à une meilleure évaluation des risques liés à l'exposition aux pesticides dans l'environnement. Cela permettra d'améliorer la prévention de la contamination par les pesticides, mais aussi de compléter les évaluations des risques réalisées via les données obtenues dans les réseaux existants. Ces deux nouveaux réseaux permettront également d'évaluer l'efficacité des mesures de réduction de l'utilisation des PPP prises dans le cadre du PWRP.

Pour cela, le projet est divisé en **3 grands volets** :

- Le **1^{er} volet** vise à réaliser un inventaire des connaissances et des données existantes sur les pesticides en Wallonie (s.a. agréées, utilisées en agriculture, réseaux de surveillance existants), ainsi

¹ Pesticides = produits phytopharmaceutiques + biocides (définition complètes sur www.fytoweb.be)

² Directive 2009/128/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable 24.11.2009, p. 71-86

³ <http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicatorsheets/AGRI%206.html#>

qu'un benchmarking des réseaux de surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols en Europe. Cette première étape a également pour but d'établir des listes « a priori » de s.a. d'intérêts à surveiller dans les réseaux développés sur base d'informations théoriques (ex. paramètres physico-chimiques des s.a.),

- Le **2^{ème} volet** consiste à définir une méthodologie préliminaire pour la surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols afin de réaliser des analyses de screening prospectifs des s.a. présentes dans ces deux matrices, durant une année en Wallonie. Il s'agira d'évaluer la variabilité des s.a. (présence/absence) dans le temps et l'espace et de croiser ces résultats obtenus aux listes « a priori » déterminées dans le volet 1, afin d'affiner la liste des s.a. pertinentes à analyser et à suivre dans chaque matrice,

- Le **3^{ème} volet** est consacré à l'organisation opérationnelle des programmes de surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols. Les résultats obtenus dans les précédentes étapes (volets 1 et 2) permettront de déterminer des réseaux de surveillance les plus pertinents possibles et de les tester sur le terrain. Pour cela, une 1^{ère} phase de test sera réalisée pendant un an et permettra d'ajuster la méthodologie des réseaux (fréquence d'échantillonnage, sites échantillonnés, etc.), avant de procéder à une 2nd phase de test et d'ajustement final, qui permettra d'aboutir à des réseaux de surveillance opérationnalisés.

La mise en place de ce programme de surveillance des pesticides dans l'air ambiant et les sols s'inscrit pleinement dans le cadre du Programme Wallon de Réductions des Pesticides (PWRP3), mais également dans le cadre de la Directive Européenne 2009/128/CE, des plans ENVieS et Air Climat Energie et du plan stratégique de la recherche agronomique en Wallonie.

Ce rapport se focalise sur la matrice « air » et sur la présentation des résultats obtenus dans le volet 1 de l'étude.

Substances actives agrées en Belgique

L'évaluation des s.a., qu'il s'agisse de substances nouvelles ou d'une révision de substances existantes, est réalisée au niveau européen selon le Règlement (CE) n°1107/2009⁴. Par la suite, chaque état membre ne peut autoriser que les PPP dont la composition contient une ou des s.a. agrées par l'Europe.

La base de données de la Commission Européenne⁵ a été consultée en juin 2023 et une liste de 298 s.a. a été identifiée pour la Belgique, comprenant **280 s.a. autorisées et 18 s.a. récemment interdites** (Figure 1).

Un certain nombre de ces substances ne sont pas synthétisées chimiquement mais sont dites « naturelles », comme les phéromones, les huiles végétales, ou encore les micro-organismes. Ces substances étant naturelles, elles ont été retirées de nos listes. En retirant ces s.a., il y a donc **199 s.a. autorisées et 18 s.a. récemment interdites en Belgique** (Figure 1).

Les pesticides sont classés en 3 catégories principales : **fongicides, insecticides et herbicides (incluant les régulateurs de croissance)**. Parmi les 199 s.a. autorisées, il y a 68 s.a. fongicides, 90 s.a. herbicides et 41 s.a. insecticides. Concernant les s.a. récemment interdites, celles-ci regroupent 7 fongicides, 3 herbicides et 8 insecticides (Figure 1). Par ailleurs, d'après la Direction de l'Analyse Economique Agricole (DAEA), il apparaît que parmi les 199 s.a. autorisées par l'Europe, 148 s.a. ont été utilisées en Wallonie en 2018 et 2019.

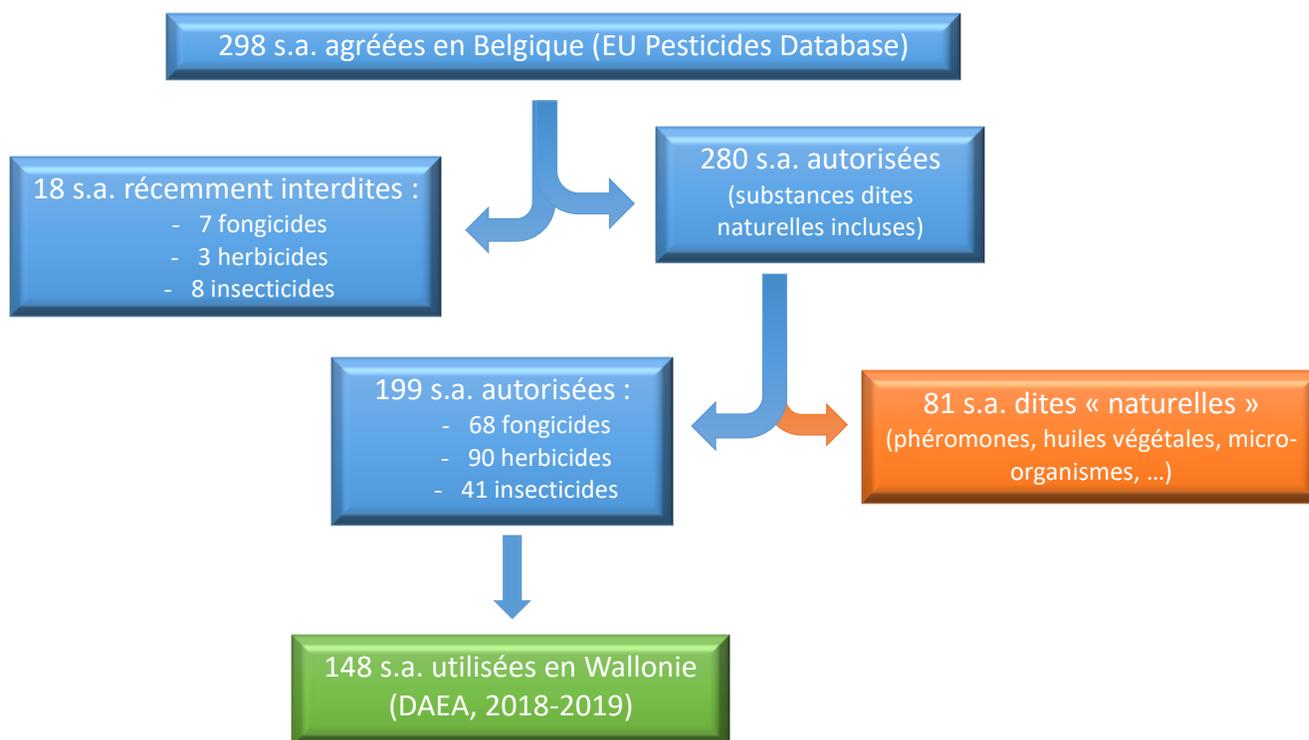


Figure 1 Bilan des substances actives autorisées et récemment interdites en Belgique (données juin 2023 – EU Pesticides Database)

⁴ Règlement (CE) n°1107/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et abrogeant les directives 79/117/CEE et 91/414/CEE du Conseil

⁵ EU Pesticides Database <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>

Bilan des réseaux de surveillance existants en Belgique

En Wallonie, les pesticides sont surveillés dans différentes matrices environnementales afin de contrôler la contamination de l'environnement mais également pour prévenir tout risque pour la population et la biodiversité. Actuellement, les matrices les plus surveillées sont les eaux (de surface, souterraines et pour la consommation humaine) et les denrées alimentaires.

a) Réseau de surveillance des eaux de surface (ESu)

Le réseau de surveillance des eaux de surface est le réseau du compartiment « eau » qui surveille le plus de pesticides, notamment en suivant le Code de l'Eau et l'Annexe Xbis qui fixe les normes de qualité environnementale pour les substances prioritaires et certains autres polluants. Concernant les pesticides, la directive fixe des normes à ne pas dépasser, et notamment une concentration maximale de 0,1 µg.L⁻¹ par substance active et une concentration maximale de 0,5 µg.L⁻¹ pour la somme des substances actives mesurées.

Ce réseau est divisé en différents types de contrôles, qui sont :

- Le **contrôle de surveillance** : contrôle global, destiné à donner l'état général des masses d'eau (notamment à l'échelle européenne) et censé refléter son évolution à long terme,
- Le **contrôle opérationnel** : assurer le suivi de toutes les masses d'eau identifiées comme risquant de ne pas répondre aux objectifs environnementaux, notamment en évaluant l'efficacité des actions mises en place dans le cadre des plans de gestion,
- Le **contrôle d'enquête** : ponctuellement là où les raisons de la non-atteinte des objectifs restent inconnues mais qui permet également de déterminer l'ampleur et l'incidence de pollutions accidentelles,
- Le **contrôle additionnel** : sur les masses d'eau qui ne sont pas à risque ou pour la surveillance des zones protégées (les points de captage d'eau, les zones Natura 2000...)

La fréquence et la périodicité de visite d'un site varie d'un site à l'autre. **De manière générale, les 54 sites faisant partie du contrôle de surveillance sont visités 13 fois par an tandis que les sites des contrôles opérationnels et additionnels sont prélevés de 6 à 13 fois tous les 3 ans.** Les contrôles d'enquête sont réalisés ponctuellement (limités dans le temps et l'espace).

La liste des pesticides surveillés est différente selon le contrôle qui est effectué. De manière générale, celle-ci comprend environ 65 s.a. et métabolites et est adaptée selon le contrôle souhaité ([Tableau 1](#)). Par ailleurs, la Commission Européenne détermine une Watch List tous les deux ans qui comprend principalement des pesticides émergents et des médicaments qu'il est intéressant de surveiller pour prévenir tout dépassement de normes et donc tout problème environnemental et sanitaire. Cette liste comprenait 8 s.a. en 2017-2018 et 2019-2020, 13 s.a. en 2021-2022 et comprend maintenant 15 s.a. pour 2023-2024 ([Tableau 2](#)). La fréquence d'analyse de la Watch List fluctue selon les recommandations. Par exemple, les Watch List de 2017 à 2022 étaient suivies 2 fois par an sur 6 sites, alors que la Watch List de 2023-2024 est suivie 2 fois par an sur 2 sites (excepté le fipronil qui est analysé sur 4 sites).

Tableau 1 Liste des substances actives et métabolites suivis dans le réseau de surveillance des eaux de surface (ESu) et les fréquences d'échantillonnage

Fréquence: 13 fois par année sur 54 sites			Fréquence: 6 fois par année sur 12 sites
2,4,5-T	Dichlorvos	Hexachlorocyclohexane-gamma (Lindane)	Thiaméthoxame*
2,4-DDT	Dieldrine	Imidaclopride*	Clothianidine
3,4-dichloroaniline	Diméthoate*	Isodrine	Thiaclopride*
4,4-DDD	Diuron	Isoproturon	Acétamipride*
4,4-DDE	Endosulfan alpha	Linuron	Métamitron*
4,4-DDT	Endosulfan bêta	Malathion	Ethofumésate*
AMPA	Endrine	MCPA*	Diméthénamide
Aclonifène*	Fénitrothion	MCPP (Mécoprop)*	Phoxime
Alachlore	Flufénacet*	Méthiocarbe	
Aldrine	Glufosinate-ammonium	Ométhoate	
Atrazine	Glyphosate*	Parathion éthyl	
Bentazone*	Heptachlore	Pentachlorophénol	
Bifénox*	Heptachloroépoxyde (cis)	Propanil	
Biphényle	Heptachloroépoxyde (trans)	Prosulfocarbe*	
Chlorfenvinphos (cis+trans)	Hexachlorobenzène	Quinoxifène	
Chloridazon*	Hexachlorocyclohexane-alpha	Simazine	
Chlorpyriphos (éthyl)	Hexachlorocyclohexane-bêta	Terbutryne	
Cybutryne	Hexachlorocyclohexane-delta	Tributylétains (cations)	
Cyperméthrine*	Hexachlorocyclohexane-epsilon	Trifluraline	

* : substances présentes dans la liste des substances agréées en Belgique
Substances en rouge = substances récemment interdites en Belgique

Tableau 2 Liste des substances actives et métabolites suivis dans la Watch List du réseau ESu selon les années.

2017-2018	2019-2020	2021-2022	2023-2024
Acétamipride	Acétamipride	Clotrimazole	Azoxystrobine*
Clothianidine	Clothianidine	Dimoxystrobin	Clotrimazole
Imidaclopride	Imidaclopride	Famoxadone	Dimoxystrobine*
Méthiocarbe	Métaflumizone	Fluconazole	Diflufenican*
Oxadiazon	Méthiocarbe	Imazalil	Famoxadone*
Thiaclopride	Thiaclopride	Ipconazole	Fipronil
Thiaméthoxame	Thiaméthoxame	Métaflumizone	Fluconazole
Triallate		Metconazole	Imazalil*
		Miconazole	Ipconazole*
		Penconazole	Metconazole*
		Prochloraz	Miconazole
		Tébuconazole	Penconazole*
		Tétraconazole	Prochloraze*
			Tébuconazole*
			Tétraconazole*

* : substances présentes dans la liste des substances agréées en Belgique
Substances en rouge = substances récemment interdites en Belgique

La surveillance de la contamination des eaux de surfaces par les pesticides comprend donc l'analyse de 80 s.a. différentes (65 s.a. + 15 s.a. de la Watch List). Parmi ces substances, **seules 21 s.a. sont incluses dans la liste des s.a. autorisées en Belgique, et 7 s.a. sont des s.a. récemment interdites** (Tableau 1 & Tableau 2). Les autres substances sont des pesticides qualifiés « d'anciens », c'est-à-dire interdits au niveau européen depuis plusieurs années (ex. DDT, lindane, atrazine, dieldrine, ...) dont la persistance dans l'environnement reste préoccupante pour la santé des populations.

Par conséquent, le réseau de surveillance actuel des eaux de surfaces analyse seulement 10,5% des 199 s.a. autorisées.

b) Réseau de surveillance des eaux souterraines (ESo)

En Wallonie, la qualité des eaux souterraines est surveillée à travers plusieurs réseaux de surveillance qui visent notamment à répondre aux obligations de la Directive Cadre sur l'Eau. Cette directive fixe des normes à ne pas dépasser pour les pesticides, et notamment une concentration maximale de 0,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$ par substance active et une concentration maximale de 0,5 $\mu\text{g.L}^{-1}$ pour la somme des substances actives mesurées.

Pour cela, deux programmes de surveillance ont été développés, à savoir :

- Le programme de **contrôle de surveillance** destiné à établir régulièrement l'état chimique des masses d'eau souterraine et à détecter l'apparition de nouveaux polluants. Ce type de contrôle est fait à une **fréquence de 1 ou 2 analyses, tous les 3 ans** (ou 6 ans pour les captages dont le volume produit est inférieur à 275 m³ en moyenne journalière). Ce contrôle porte sur tous les polluants ou paramètres pertinents présents dans les eaux souterraines, dont les pesticides.

- Le programme de **contrôles opérationnels** portant sur les masses d'eau souterraines qui risquent de ne pas atteindre le bon état et qui vise à suivre les altérations constatées et en particulier à établir les tendances évolutives des concentrations en polluants observés. En pratique, le contrôle opérationnel est effectué **chaque année** (en dehors du contrôle de surveillance) et à une **fréquence de 1 à 4 fois par an**, sur les sites où un risque a été mis en évidence par les résultats du contrôle de surveillance. Ce contrôle ne se focalise que sur le ou les paramètres pour lesquels une altération a été observé durant le contrôle de surveillance. Il a donc pour but de les préciser, de suivre leur évolution et de vérifier l'efficacité d'éventuelles mesures correctives.

Ces contrôles de surveillances des ESo analysent actuellement 45 s.a. et métabolites de pesticides. Parmi ces substances, **seules 17 s.a. sont présentes dans la liste des 199 s.a. autorisées** en Belgique et 3 molécules ont été récemment interdites (le chloridazon et ses 2 métabolites) (Tableau 3). Tout comme pour le réseau de surveillance ESu, les s.a. suivies dans les ESo sont majoritairement des pesticides et métabolites de pesticides interdits depuis plusieurs années mais dont la persistance dans l'environnement et les risques sanitaires sont maintenant bien établis (ex. atrazine, chloridazon, diuron, ...).

Le réseau de surveillance actuel des eaux souterraines analyse donc uniquement **environ 8,5 % de la liste des s.a. 199 autorisées en Belgique (ou leurs métabolites)**.

Tableau 3 Liste des substances actives et métabolites suivis dans le réseau de surveillance des eaux souterraines (ESo)

2,4 D*	D-Chloridazon*	Métazachlore*
Atrazine	Déisopropyl Atrazine	Méthabenzthiazuron
Bentazone*	Désaminométamitron	Métobromuron*
BH479-11 (métabolite métazachlore)	Déséthylatrazine	Métolachlore*
BH479-12 (métabolite métazachlore)	Dichlorobenzamide	Métolachlore ESA*
BH479-4 (métabolite métazachlore)	Diuron	Métolachlore OA*
BH479-6 (métabolite métazachlore)	Flufénacet*	Métoxuron
BH479-8 (métabolite métazachlore)	Flufénacet ESA*	Métribuzin*
BH479-9 (métabolite métazachlore)	Flufénacet OA*	Monolinuron
Bromacile	Isoproturon	Monuron
Chlorbromuron	Linuron	Propazine
Chloridazon*	MCPA*	Simazine
Chlorothalonil ESA (VIS01)	MCPP*	Terbutylazine*
Chlortoluron*	MD-Chloridazon*	Terbutylazine déséthyl*
Cyanazine	Métamitron*	Terbutryne

* : substances présentes dans la liste des substances agréées en Belgique

Substances en rouge = substances (et/ou métabolites respectifs) récemment interdites en Belgique

c) Réseau de surveillance des eaux destinées de la consommation humaine (EDCH)

La directive (UE) 2020/2184 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine et le Code de l'eau imposent des normes de potabilité pour les eaux fournies par le réseau public de distribution. Les eaux distribuées doivent ainsi répondre à des exigences de propreté et de salubrité, afin de garantir la santé des consommateurs. Les pesticides font partie des paramètres chimiques qui sont contrôlés.

Cette directive fixe des normes à ne pas dépasser pour les pesticides, et notamment une concentration maximale de 0,1 µg.L⁻¹ par substance active et une concentration maximale de 0,5 µg.L⁻¹ pour la somme des substances actives mesurées.

En Wallonie, deux listes de pesticides et métabolites ont récemment été définies pour être surveillées et mesurées dans les eaux potables (Tableau 4) :

- La liste des **pesticides et métabolites « pertinents »** qui regroupe 20 s.a. et métabolites
- La liste des **pesticides et métabolites « non-pertinents »** comprenant 6 s.a. et métabolites

La différence entre ces deux listes réside notamment dans les normes à respecter. En effet, la Directive (UE) 2020/2184 fixe des normes à ne pas dépasser pour les pesticides et métabolites « pertinents », et notamment une concentration maximale de 0,1 µg.L⁻¹ pour chaque substance active et une concentration maximale de 0,5 µg.L⁻¹ pour la somme des substances actives mesurées.

En revanche, chaque Etat membre définit la concentration maximale à ne pas dépasser pour les pesticides et métabolites « non-pertinents ». En Belgique, les concentrations maximales ont été fixées entre 0,5 et 4,5 µg.L⁻¹ selon le métabolite.

Tableau 4 Liste des substances actives et métabolites « pertinents » et « non-pertinents » suivis dans le réseau EDCH

PESTICIDES ET METABOLITES PERTINENTS	PESTICIDES ET METABOLITES NON-PERTINENTS
2,4-D*	2,6-dichlorobenzamide
Atrazine	Chloridazon diphenyl*
Bentazone*	Chlorothalonil ESA
Bromacile	Flufénacet ESA*
Chloridazon*	Métazachlore ESA*
Chlorpyrifos	Métolachlore ESA*
Chlorotoluron*	
Déisopropyl Atrazine	
Déséthyl Atrazine	
Diuron	
Endosulfan	
Glyphosate*	
Isoproturon	
Lindane	
S-métolachlore*	
Flufénacet*	
MCPA*	
Métribuzine*	
Simazine	
Terbutylazine*	

* : substances présentes dans la liste des substances agréées en Belgique

Substances en rouge = substances (et métabolites) récemment interdites en Belgique

Le réseau de surveillance des EDCH se focalise sur les **26 s.a. et métabolites** présents dans le tableau ci-dessus. Parmi ces 26 s.a. et métabolites, **seules 14 (10 s.a. et 4 métabolites) sont présentes dans la liste des 217 substances autorisées et récemment interdites en Belgique, ce qui correspond uniquement à 6,5%.**

d) Réseau de surveillance des denrées alimentaires

L'utilisation de PPP au cours de la production de fruits, de légumes et de produits de grandes cultures peut entraîner la présence de résidus dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux. Des limites maximales de résidus (LMR) sont fixées dans la législation européenne afin de vérifier la bonne utilisation des PPP (utilisation des produits autorisés conformément aux bonnes pratiques agricoles) et de protéger les consommateurs. Les denrées alimentaires et les aliments pour animaux qui ne respectent pas les LMR ne peuvent être ni mis sur le marché ni utilisés. Cependant, il est important de noter que Les LMR ne sont pas des limites toxicologiques et par conséquent, tout dépassement de LMR est le signe d'une utilisation incorrecte d'un produit phytopharmaceutique mais n'implique pas nécessairement un risque pour la santé des consommateurs.

En Belgique, la surveillance des denrées alimentaires est une compétence fédérale, assurée par l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (AFSCA). Celle-ci réalise le programme de contrôle pluriannuel défini par la Commission Européenne, qui indique les produits d'origines végétales et

animales devant être contrôlés ainsi que la liste des s.a. à analyser⁶. Par ailleurs, certains échantillonnages ciblés, principalement des produits provenant de pays tiers, lors des contrôles aux frontières (ports, aéroports, ...), sont également inclus dans le programme de contrôle conformément au règlement 1793/2019⁷. Enfin, des ajustements peuvent être apportés au programme en cours d'année afin de traiter les problèmes émergents.

Les analyses réalisées sur les denrées échantillonnées permettent de mesurer plus de 600 s.a. et métabolites (liste présentée en annexe des rapports annuels de l'AFSCA⁸). Parmi ces substances, **194 s.a. figurent dans la liste des 217 s.a. agréées en Belgique, soit 89,4%**. L'alimentation représente donc actuellement la source d'exposition potentielle aux PPP la plus surveillée.

Le **Tableau 5** ci-dessous présente une synthèse des réseaux de surveillance des pesticides mis en place en Wallonie. Il regroupe les 4 principaux réseaux : eaux de surface, eaux souterraines, eaux destinées à la consommation humaine et les denrées alimentaires.

Cette synthèse met en évidence qu'un grand nombre de s.a. autorisées en Belgique ne sont pas suivies dans les réseaux existants.

⁶ Commission Implementing Regulation (EU) 2020/585 concerning a coordinated multiannual control programme of the Union for 2021, 2022 and 2023 to ensure compliance with maximum residue levels of pesticides and to assess the consumer exposure to pesticide residues in and on food of plant and animal origin

⁷ Regulation (EU) N°1793/2019 of 22 October 2019 on the temporary increase of official controls and emergency measures governing the entry into the Union of certain goods from certain third countries implementing Regulations (EU) 2017/625 and (EC) N° 178/2002 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EC) No 669/2009, (EU) No 884/2014, (EU) 2015/175, (EU) 2017/186 and (EU) 2018/1660

⁸ <https://www.favv-afsca.be/publicationsthematiques/pesticide-residue-monitoring-food-plant-origin.asp>

Tableau 5 Synthèse du nombre de substances actives analysées dans chaque réseau de surveillance en Wallonie par rapport à la liste des substances actives autorisées et récemment interdites en Belgique (données de juin 2023).

	Réseau ESu	Réseau ESo	Réseau EDCH	Réseau chaîne alimentaire
Nombre de s.a. suivies	80	45	26	> 600
Nombre et pourcentage de s.a. présentes dans la liste s.a. agréées en Belgique (EU) – (Total = 217 s.a.*)	28 (12,9%)	20 (9,2%)	14 (6,5%)	194 (89,4%)
Nombre et pourcentage de s.a. présentes dans la liste s.a. autorisées en Belgique (EU) – (Total = 199 s.a.)	21 (10,5%)	17 (8,5%)	12 (6%)	178 (89,4%)
Nombre et pourcentage de s.a. présentes dans la liste s.a. récemment interdites en Belgique (EU) – (Total = 18 s.a.)	7 (38,9%)	3 (16,7%)	2 (11,1%)	16 (88,9%)
Nombre et pourcentage de s.a. agréées mais non analysées dans le réseau (Total = 217 s.a.*)	189 (87,1%)	197 (90,8%)	203 (93,5%)	23 (10,6%)
Nombre et pourcentage de s.a. autorisées mais non analysées dans le réseau (Total = 199 s.a.)	178 (89,5%)	180 (90,5%)	187 (93%)	21 (10,6%)

* le nombre de 217 s.a. provient de l'addition des 199 s.a. autorisées et 18 s.a. récemment interdites (sans tenir compte des substances dites « naturelles »).

e) Suivi complémentaire : Biomonitoring Humain Wallon (BMH-Wal) - surveillance des imprégnations en pesticides de la population générale wallonne.

Outre les réseaux de surveillance de matrices environnementales, les pesticides sont également analysés et suivis lors d'études de biomonitoring humain réalisés depuis 2019 en Wallonie. Ces études consistent à déterminer la présence et mesurer les concentrations de nombreuses substances actives et/ou métabolites dans des fluides ou tissus humains (sang, urine, cordon ombilical, cheveux, ...). Ces analyses permettent d'obtenir une estimation de l'exposition interne et globale des populations, toutes sources et voies d'exposition confondues. A ce titre, le biomonitoring est particulièrement utile pour le suivi des substances largement distribuées dans l'environnement intérieur et extérieur (eau, air, sol) mais également dans l'alimentation et les produits de la vie quotidienne.

Les données collectées lors de campagnes de biomonitoring permettent de suivre l'évolution au fil du temps de l'exposition de la population aux substances, de surveiller l'exposition des populations vulnérables et de soutenir la mise en œuvre et le développement de politiques qui minimisent l'exposition aux polluants et produits chimiques dangereux.

Le Gouvernement wallon a confié la coordination et la mise en place d'un programme de biomonitoring humain intitulé BMH-Wal (BioMonitoring Humain Wallon) à l'ISSeP, dans lequel de nombreuses substances ont été analysées dans les urines ou le sang des participants (Jacques *et al.*, 2023), notamment les métabolites de pesticides organophosphorés et pyréthrinoïdes, ainsi que l'herbicide glyphosate et son métabolite AMPA (Tableau 6).

Les métabolites analysés dans le cadre de l'étude BMH-Wal peuvent être des produits de dégradation d'environ 51 substances actives listées dans le tableau ci-dessous, dont certaines sont également autorisées en Belgique en tant que biocides. Parmi ces 51 molécules, **15 s.a. figurent dans la liste des s.a. autorisées et récemment interdites en Belgique, ce qui représente environ 7%**.

Tableau 6 Liste des substances actives pouvant être à l'origine des métabolites mesurées dans l'étude BMH-Wal

Pyréthri-noïdes	Pesticides	
	Organophosphorés	Autre
Alléthrine	Azinphos-méthyl	Glyphosate (+ AMPA)*
Alpha-cyperméthrine*	Chlorethoxyphos	
Cyfluthrine	Chlorpyrifos-méthyl	
Cyperméthrine*	Chlorpyriphos	
Deltamétrine*	Chlorpyriphos-éthyl	
Esfenvalérate*	Coumaphos	
Etofenprox	Diazinon	
Fenpropathrine	Dichlofenthion	
Fenvalérate	Diméthoate*	
Gamma-cyhalothrine*	Disulfoton	
Lambda-cyhalothrine*	Ethion	
Perméthrine	Ethoprofos	
Phénothrine	Fénitrothion	
Pyréthrine*	Fenthion	
Resméthrine	Isazophos-méthyl	
tau-Fluvalinate*	Malathion	
Téfluthrine*	Méthidathion	
Tétraméthrine	Méthyl-parathion	
Tralométhrine	Ométhoate	
Transfluthrine	Oxydéméton-méthyl	
Zeta-Cyperméthrine*	Parathion	
	Phorate	
	Phosalone	
	Phosmet*	
	Pirimiphos-méthyl*	
	Sulfotep	
	Téméphos	
	Terbufos	
	Triclopyr*	

* : substances présentes dans la liste des substances agréées en Belgique
 Substances en rouge = substances récemment interdites en Belgique

Benchmarking de surveillance des pesticides dans l'air ambiant...

a) ... en Belgique (Wallonie)

Bien qu'il n'existe actuellement aucun réseau de surveillance de pesticides dans l'air ambiant en Wallonie, deux études menées ces 5 dernières années ont mis en évidence leur présence dans l'air ambiant. Il s'agit des projets EXPOPESTEN et PROPULPPP.

Projet EXPOPESTEN

Le projet EXPOPESTEN coordonné par l'ISSEP en collaboration avec le CRA-W en 2015-2016 visait à évaluer les concentrations de plusieurs pesticides dans l'air ambiant, durant 1 an, dans 12 localités sélectionnées pour représenter l'environnement de vie de la majorité des wallons. Le projet a également analysé les concentrations en pesticides dans les urines de 258 enfants âgés de 9 à 12 ans vivants dans ces environnements.

Au moment de l'étude, 307 substances actives étaient agréées en Belgique pour un usage professionnel ou amateur (EU Pesticide Database). Une sélection des s.a. pertinentes à analyser a été réalisée sur base de 4 critères, à savoir : la probabilité de présence dans l'air, l'utilisation en Wallonie, la toxicité et l'occurrence de la substance dans la littérature ([Tableau 7](#), Giusti *et al.*, 2018).

Tableau 7 Listes des critères retenus pour la sélection des substances actives pertinentes à analyser dans la matrice air lors du projet EXPOPESTEN.

Critères	Sous-critères
Probabilité de présence dans l'air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> - Volatilité (pression de vapeur et constante de Henry) - Temps de demi-vie
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Quantités vendues en Belgique - Quantités utilisées en Wallonie - Surfaces traitées en Wallonie - Types de cultures différentes traitées - Nombre de produits commerciaux agréés - Utilisation en tant que biocide (professionnelle ou non)
Toxicité	<ul style="list-style-type: none"> - Dose Journalière Admissible - Cancérogénicité - Neurotoxicité - Perturbation endocrinienne - Toxicité sur le développement - Reprotoxicité
Présence environnementale	<ul style="list-style-type: none"> - Concentrations maximales retrouvées dans l'air - Nombre d'études qui ont analysé la substance - Dernière année de détection dans des études françaises

Après une étape de hiérarchisation (Giusti *et al.*, 2018b), une liste de 46 substances actives comprenant 19 herbicides, 19 fongicides et 8 insecticides a été sélectionnée pour être recherchée et analysée dans le projet EXPOPESTEN ([Tableau 8](#)).

Tableau 8 Liste des 46 substances actives sélectionnées pour l'étude EXPOPESTEN

2,4-D	Diflufenican	Oxadiazon
2,4-DB	Diméthénamide-P	Penconazole
Aclonifen	Diméthoate	Pendiméthaline
Benfluraline	Époxiconazole	Pirimicarbe
Boscalid	Éthofumesate	Propiconazole
Captane	Éthoprophos	Propyzamide
Chlorothalonil	Fenoxycarbe	Prosulfocarbe
Chlorpyrifos-éthyl	Fenpropidine	Pyriméthanyl
Clopyralide	Fenpropimorphe	S-métolachlore
Cyhalothrine	Iprodione	Spiroxamine
Cymoxanil	Krésoxim-méthyl	Tébuconazole
Cyperméthrine	Linuron	Terbuthylazine
Cyproconazole	MCPA	Tétraconazole
Cyprodinil	Métazachlore	Triallate
Deltaméthrine	Métribuzine	
Difénoconazole	Myclobutanil	

Les prélèvements de pesticides dans l'air ont été réalisés avec un **échantillonneur haut-débit Total Suspended Particulate (TSP)** (ThermoFisher scientific, Breda, Pays-Bas) aspirant l'air à un **débit de 4 m³/h**, et de cartouches constituées de **mousse et de résine** (ORBO 2500 precleaned large PUF/Amberlite® XAD®-2/PUF, Supelco, USA).

Les échantillons d'air ambiant ont été collectés, chaque mois, en continu durant **des périodes de 14 jours**. Lors de période d'utilisation intensive des PPP en agriculture (de mai à septembre en 2015 et de mars à mai en 2016), deux prélèvements de 14 jours ont été réalisés par mois.

Les résultats ont mis en évidence que sur les **46 substances actives recherchées, 33 ont pu être détectées et mesurées, 4 n'ont jamais été détectées et 9 ont été détectées dans au moins un échantillon mais à des concentrations inférieures à la limite de quantification**. Leurs concentrations mesurées dans les 12 localités étaient faibles, de l'ordre du **nanogramme par m³ (ng.m⁻³)**.

Des pesticides ont été retrouvés dans toutes les stations de mesure, y compris celles éloignées de toute activité agricole (ex. Mont-Rigi, Waimes), et ce **tout au long de l'année avec une plus forte présence au printemps, modérée en été et automne, et quasi nulle en hiver**. C'est toutefois dans les localités agricoles que la diversité des pesticides était la plus grande et que les concentrations totales moyennes sur l'année étaient les plus élevées dans l'air ambiant. Enfin, c'est dans les localités de typologie « grandes cultures » que les concentrations les plus élevées ont été mesurées.

Au moment de cette étude, les pesticides les plus fréquemment détectés dans l'air ambiant sur les 12 stations de mesure étaient le **triallate** et la **pendiméthaline** (deux herbicides), le **chlorothalonil** et le **captane** (deux fongicides) et la **benfluraline** (herbicide).

Depuis la fin de cette étude, le chlorothalonil et la benfluraline ont été interdits en Belgique.

Projet PROPULPPP

Le projet PROPULPPP (Ruthy et al., 2019) a été coordonné par l'ISSEP en collaboration avec le CRA-W et l'ULg Gembloux Agro-Bio Tech en 2018-2019. L'un des volets consistait à évaluer la dérive et la dispersion des pesticides dans les 24h à 48h après leur application, en bordure de champs cultivés et traités.

Au moment de l'étude, plus de 300 s.a. étaient agréées en Belgique. Cependant, il n'a pas été possible d'étudier l'ensemble des s.a. tant du point de vue capacités analytiques des laboratoires que budgétaires, donc une sélection a été faite sur base des critères suivants :

- utilisation des PPP : quantités annuelles vendues et quantités utilisées
- paramètres physico-chimiques des s.a. (pression de vapeur, constante de Henry)
- cultures majoritaires en Wallonie (superficie)
- capacités analytiques des laboratoires partenaires du projet.

Cette sélection a permis d'établir une liste de 18 s.a. d'intérêts (13 herbicides, 4 fongicides et 1 insecticide) qui ont été suivies dans cette étude ([Tableau 9](#)).

Tableau 9 Liste des 18 substances actives sélectionnées et suivies dans le projet PROPULPPP

Aclonifène	MCPA
Clomazone	Mésotrione
Clopyralide	Métobromuron
Cymoxanil	Métribuzine
Epoxiconazole	Pendiméthaline
Fenpropidine	Pirimicarbe
Flufénacet	Prosulfocarbe
Fluroxypyr	Pyraclostroline
Glyphosate	Terbutylazine

Les prélèvements ont été réalisés avec des échantillonneurs haut-débit **Total Suspended Particulate (TSP)** (ThermoFisher scientific, Breda, Pays-Bas) aspirant l'air à un **débit de 4m³/h**. Les pesticides présents dans la **phase particulaire ont été récupérés sur un filtre en quartz** (Pallflex, PallLife Science, Hoegaarden, Belgique) alors que ceux présents dans la **phase gazeuse ont été piégés dans une cartouche constituée de mousse et de résine** (ORBO 2500 precleaned large PUF/Amberlite-XAD-2/PUF, Supelco, USA).

Par ailleurs, des collecteurs passifs verticaux et horizontaux ont été utilisés afin de respectivement collecter les aérosols à hauteur de cibles potentielles (ex. personne présente à proximité du champ traité, hors opérateur) et les dépôts atmosphériques.

L'expérience mise en place visait à évaluer la dérive des pesticides après pulvérisation et ce, à différents temps post-pulvérisation (2h, 12h, 24h, 48h), différentes distances du champ (1 m, 6 m, 10 m, 25 m, 50 m) et en présence ou absence de barrière physique (mimée par le placement d'un filet de 50 m de long et 1 m de haut).

Les analyses ont été effectuées sur 107 échantillons obtenus lors des différentes campagnes. Les résultats ont mis en évidence la présence de 1 à 5 s.a. capturées dans les différents échantillonneurs, à savoir : **glyphosate, prosulfocarbe, cymoxanil, flufénacet et terbutylazine, dont les concentrations étaient de l'ordre du ng/m³**.

Par ailleurs, ces s.a. pouvaient être retrouvées jusqu'à une distance de 50 m de la bordure du champ et 48h après leur pulvérisation sur les cultures, bien que les concentrations tendaient à diminuer avec le temps. L'expérience a également pu mettre en évidence que l'utilisation de barrière (écran) et de buses anti-dérive permettait de réduire significativement la dérive des pesticides.

Depuis la fin de cette étude, aucune de ces 5 substances retrouvées n'a été interdite en Belgique. En revanche, parmi les 18 s.a. sélectionnées, seule l'époxiconazole est maintenant interdite en Belgique.

Autre étude

En 2022, l'ASBL Eco-Impact a réalisé une étude dont l'objectif principal était de « construire un outil de diagnostic précoce du risque de contamination de l'eau souterraine par les pesticides à l'aide de la biosurveillance autour des galeries de captage du Néblon » (Cors et al., 2022). L'étude qui visait à analyser un indicateur biologique pour chaque matrice environnementale (air, sol et eau), a également réalisé des prélèvements d'air, de sol et d'eau au niveau du Bassin du Néblon (Ouffet, Durbuy et Clavier) et en Hesbaye (Ans, Awans et Donceel) afin d'analyser les concentrations en pesticides.

Le choix des s.a. recherchées s'est basé sur différentes données provenant d'organismes wallons et/ou de précédentes études. Il s'agissait :

- des s.a. retrouvées durant les 10 dernières années dans les analyses réalisées par la CILE (matrice eau),
- des s.a. retrouvées dans le projet PROPULPPP (matrice air, ISSeP, CRA-W),
- des s.a. dans l'eau du ruisseau (données SPW DGO3),
- des molécules analysées en routine par les laboratoires ayant répondu aux appels d'offres de la CILE
- des principales s.a. utilisées en Wallonie (données SPW DGO3).

La liste des **29 substances actives recherchées dans l'air** est présentée dans le [Tableau 10](#).

Tableau 10 Substances actives recherchées dans la matrice air (Cors et al. 2022)

Atrazine	Dinoterbe	Métribuzine
Bromacile	Epoxiconazole	Pendiméthaline
Carbétamide	Flufenacet	Pirimicarbe
Chloridazon	Fluroxypyr	Prochloraz
Chlortoluron	Lénacile	Prosulfocarbe
Clomazone	Mésotrione	Pyraclostrobine
Clopyralid	Métamitron	Sulcotrione
Cymoxanil	Métazachlore	Terbuthylazine
Cyperméthrine	Métobromuron	Terbutryne
Diflufenican	Métolachlore	

L'échantillonnage d'air a été réalisée à l'aide de **préleveurs d'air séquentiels haut-débit** qui ont aspiré l'air ambiant en continu pendant **7 jours** à un débit de **2,3 m³/h**. L'air aspiré et les pesticides sont capturés sur un **filtre en quartz** (phase particulaire) et **par une mousse PUF** (phase gazeuse).

Les résultats indiquent que **12 s.a. différentes ont été détectées et quantifiées** dans l'ensemble des échantillons analysés : **chlortoluron, clomazone, cymoxanil, diflufenican, flufenacet, métobromuron, métolachlore, pendiméthaline, pirimicarbe, prosulfocarbe, sulcotrione et terbuthylazine**. Les concentrations mesurées s'évaluaient de **0,02 à 3,84 ng.m⁻³** et les concentrations les plus élevées

(supérieures à $1,5 \text{ ng.m}^{-3}$) ont été rencontrées pour 3 substances actives : **pendiméthaline**, **prosulfocarbe**, **cymoxanil**, et majoritairement en Hesbaye.

b) ... en Europe

Allemagne

Actuellement, aucun réseau de surveillance récurrente des pesticides dans l'air ambiant n'existe en Allemagne. Toutefois, de récentes études ont démontré leur présence et les risques potentiels que cela pouvait engendrer sur les populations.

Une étude menée par Kruse-Platz *et al.* (2021) visait à analyser les concentrations en pesticides dans l'air ambiant en Allemagne à l'aide d'échantillonneurs passifs. Bien que ce type d'échantillonneurs permet de capturer les pesticides dans l'air ambiant, ceux-là restent semi-quantitatifs en comparaison aux échantillonneurs actifs, dont le volume d'air prélevé est connu.

Les échantillonneurs passifs sont composés d'un disque de mousse polyuréthane (PUF) placé sous un dôme de protection et de plusieurs filtres en polyester (PEF) ouvertement exposés à l'air (Figure 2).

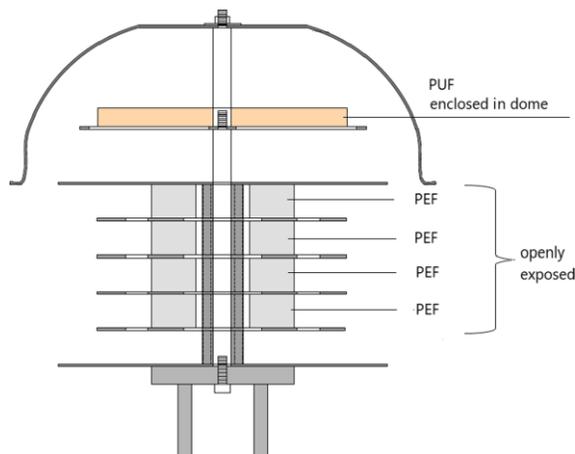


Figure 2 Composition d'un échantillonneur passif utilisé en Allemagne (Kruse-Platz et al. 2021)

Les prélèvements ont été effectués sur 49 sites répartis en Allemagne de mi-avril à mi-novembre 2019. **Les filtres PUF et PEF ont été remplacés tous les 2 mois (mi-juin, mi-août)**. Les sites ont été choisis afin d'obtenir une couverture nationale, selon différents critères tels que l'espace naturel (plaine, montagne, etc.), la région biogéographique (atlantique, continentale), l'intensité agricole (pourcentage de terres arables dans un périmètre de 4 km^2) ou encore la distance de la source potentielle la plus proche.

L'analyse des échantillons n'a pas été focalisée sur une sélection de substances actives, mais sur une recherche large d'environ 500 molécules. Les résultats ont mis en évidence que **109 s.a. ont été détectées dans les différents échantillons, comprenant 28 s.a. dont l'utilisation n'était pas autorisée en Allemagne au moment de l'étude.**

Selon le site d'échantillonnage, de 1 à 36 s.a. ont été mesurées, y compris dans des sites où les pesticides ne sont pas utilisés tels que le sommet de la montagne la plus élevée du parc national Harz (13 molécules) ou dans la forêt bavaroise (6 molécules).

Parmi les s.a. détectées, le **glyphosate était omniprésent dans l'ensemble des échantillons**, à des **quantité allant de 20,3 ng par mousse PUF à 3176,8 ng par mousse PUF⁹**. Par ailleurs, 18 s.a. et métabolites étaient détectés dans au moins un tiers des échantillons prélevés, à savoir **chlorothalonil, métolachlore, pendiméthaline, terbuthylazine, prothioconazole-desthio, diméthénamide, prosulfocarbe, AMPA, flufénacet, tébuconazole, aclonifen, chlorflurénol, hexachlorobenzène (HCB), γ -hexachlorocyclohexane (γ -HCH), MCPA, époxiconazole et folpet**.

Les quantités médianes mesurées allaient de l'absence de détection (par exemple pour MCPA, folpet, époxiconazole) à 272,5 ng par mousse PUF (*i.e.* chlorothalonil), alors que les quantités maximales mesurées sur l'ensemble des sites s'évaluaient de 46,3 ng par mousse PUF (*i.e.* hexachlorobenzène) à 7613,8 ng par mousse PUF (*i.e.* folpet).

Suède

En Suède, il existe un système étendu de surveillance des pesticides dans diverses composantes de l'environnement, incluant les eaux souterraines, les sédiments, les précipitations, l'air et les eaux de surface.

Le programme de surveillance des pesticides dans l'air ambiant a été instauré en 2002 (Kreuger and Lindström, 2019). Initialement, l'évaluation des concentrations de pesticides dans l'air a été élaborée en mesurant leurs quantités dans les **précipitations collectées sur trois sites d'étude** répartis dans tout le pays : un au Nord, un au centre et un au Sud. **L'eau de pluie est collectée à l'aide d'un dispositif équipé d'un entonnoir en acier inoxydable de 0,5 m² situé dans un compartiment réfrigéré**. Les résultats ont montré qu'environ **65 substances actives étaient présentes dans l'eau de pluie pendant toute la période d'échantillonnage de 2002 à 2015**. La plupart présentaient des **concentrations très faibles de l'ordre de quelques ng.L⁻¹**, bien que certaines s.a. aient été parfois détectées à des niveaux supérieurs à 0,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (par exemple, le prosulfocarbe, le prothioconazole-destio, le MCPA, la pendiméthaline, la terbuthylazine-déséthyl).

Par la suite, à partir de 2009, un **préleveur à haut débit** a également été déployé à la station Sud (Vavihill puis Hallahus) pour analyser les pesticides dans l'air ambiant. Ce dispositif fonctionne à un **débit de 400 m³/jour** (~16 m³/h) et l'air est filtré à travers un **filtre en quartz** pour les particules et une combinaison de couches de mousse, de résine et de mousse PUF1/XAD/PUF2 pour les gaz. Les échantillons sont prélevés environ 10 à 12 fois par saison d'utilisation des PPP, c'est-à-dire en mai-juin et en septembre-octobre.

Les premiers résultats ont révélé que les **pesticides étaient principalement présents dans le filtre en quartz, la mousse PUF1 et la résine XAD**, tandis que la fraction échantillonnée dans la mousse PUF2 ne représentait qu'environ 5% de la concentration totale de pesticides. Pendant la période de 2012 à 2015, **31 substances actives ont été détectées, principalement dans la mousse PUF1 et le filtre en quartz**. De plus, **la plupart des pesticides capturés par PUF1 n'étaient plus autorisés en Suède** (comme l'endosulfan, le chlorpyrifos, le lindane, la terbuthylazine, etc.) et **leurs concentrations étaient en grande majorité inférieures à 0,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$** . Seul le prosulfocarbe (toujours autorisé pendant cette période) a été détecté à une concentration maximale de 30 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

En revanche, la plupart des pesticides détectés sur le filtre en quartz étaient toujours autorisés en Suède, tel que le **diflufénican, l'esfenvalérate, le fenpropimorphe, le prosulfocarbe**, etc. Leurs concentrations étaient également inférieures à 0,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et seul le fenpropimorphe a été détecté à des concentrations maximales de 0,8 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

⁹ L'utilisation de préleveurs passifs ne permet pas d'obtenir des concentrations en ng/m³ car il n'est pas possible de connaître le volume d'air prélevés. En effet, celui-ci n'étant pas calibré (débit constant pendant un temps défini), le volume en m³ n'est pas connu.

Italie

L'Italie ne dispose pas actuellement d'un programme national de surveillance des pesticides dans l'air ambiant. Néanmoins, des recherches menées dans certaines régions du pays ont mis en évidence leur présence dans l'air ambiant.

Un exemple en Toscane, qui a été étudiée par Estellano *et al.*, (2015). L'objectif de cette étude était d'évaluer la présence et la variation saisonnière des pesticides dans l'air ambiant de dix localités, 6 urbaines et 4 rurales. Des **échantillonneurs passifs** ont été installés dans chaque site avec des disques de **mousse PUF**, et des prélèvements ont été effectués à chaque saison (prélèvement de de 3 à 5 mois en continu, en fonction de la saison). Chaque échantillon a été analysé pour déterminer la présence et la concentration de **dix pesticides, 6 insecticides (chlorpyrifos, chlorpyrifos-méthyl, malathion, terbufos, diazinon et disulfoton), 3 herbicides (dacthal, trifluraline et pendiméthaline) et 1 fongicide (chlorothalonil)**.

Les résultats ont révélé que l'ensemble des pesticides étudiés étaient présents dans les différents sites Toscans à des **concentrations relativement faibles de l'ordre du picogramme par mètre cube (pg.m^{-3})**. Le **chlorpyrifos** ($3\text{-}580 \text{ pg.m}^{-3}$) et le **chlorpyrifos-méthyl** ($<\text{LOQ} - \text{ jusqu'à } 570 \text{ pg.m}^{-3}$) affichaient les **concentrations les plus élevées dans l'air**, montrant des variations saisonnières qui coïncidaient avec les périodes de cultures.

Une autre étude, menée par Feltracco *et al.*, (2022), a été réalisée en Vénétie, qui occupe une place centrale dans l'agriculture et la viticulture en Italie (secteurs agricoles représentant environ 57% de la superficie de la Vénétie). Cette étude a porté sur deux sites distincts : un **site rural** et un **site « référence »** situé dans la région alpine des Dolomites (à 2543 m d'altitude et à 5 km de la ville). Des **échantillonneurs à faible débit** ont été installés sur chaque site pour aspirer l'air ambiant, à travers des **filtres en quartz** de 47 mm de diamètre, à un **débit d'environ $2,3 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$** . Le site rural a été échantillonné 62 fois de juillet à décembre 2021 (avec des prélèvements de 48 heures), tandis que le site de référence a été échantillonné 27 fois d'août à décembre 2021 (avec des prélèvements de 96 heures).

Les résultats ont clairement indiqué la présence de **14 substances actives et métabolites** sur les deux sites d'étude : **hydrazide maléique, AMPA, N-acétyl AMPA, éthéphon, hydroxy-éthéphon (HEPA), glufosinate, N-acétyl glufosinate, glyphosate, MPPA (acide 3-méthylphosphinopropionique), chlorate, perchlorate, acide phosphonique, acide cyanurique et aluminium-fosétyl**. Les **concentrations mesurées** dans les échantillons d'air étaient faibles, de **l'ordre du ng.m^{-3}** . Les 6 substances actives et métabolites les plus fréquemment détectés sur les deux sites étaient l'acide cyanurique, l'acide phosphonique, l'aluminium-fosétyl, l'hydroxy-éthéphon, le glyphosate et le perchlorate. Une variation saisonnière a été observée pour toutes les substances actives et métabolites mesurés, indépendamment du site. Cependant, les **concentrations mesurées étaient nettement plus élevées sur le site rural que sur le site de référence**.

Espagne

L'Espagne est l'un des pays européens qui vend et consomme le plus de pesticides, notamment dans les régions fortement agricoles telles que l'Andalousie, la Catalogne et la région de Valence.

Bien qu'aucun programme national de surveillance des pesticides dans l'air ambiant n'est actuellement déployé en Espagne, plusieurs études ont été réalisées afin de pouvoir mettre en place un réseau de contrôle et de surveillance des pesticides dans l'air (PESTnet).

Borrás *et al.*, (2011) ont mené la première étude dans la région de Valence permettant de caractériser et évaluer la contamination de l'air ambiant par les pesticides. Il s'agissait du développement d'une méthodologie d'échantillonnage et d'analyse des pesticides dans l'air. Pour cela, **2 types de filtres**

(quartz et en verre) et 4 types de résines (XAD2, XAD4, florisol et Orbo-49P) ont été testés avec un échantillonneur haut-débit effectuant des prélèvements de 24h à un débit de 30 m³.h⁻¹. Les résultats ont montré que les filtres en fibre de verre et les résines XAD-2 et XAD-4 étaient les supports permettant le plus grand taux de récupération après extraction (> 95%). Cette méthodologie a permis de déterminer la présence de **16 substances actives** qui sont : **benfluraline, bitertanol, buprofézine, chlorfenvinphos, chlorpyrifos, chlorpyrifos-méthyl, éthalfuraline, fenthion, lindane, malathion, méthidathion, propachlore, propanil, pyriproxifène, tébuconazol et trifluraline.**

A la suite de ce développement, plusieurs études ont été menées dans la même région (Coscollà *et al.*, 2013; López *et al.*, 2017). Des **préleveurs haut-débit** ont été déployés dans différents sites ruraux et urbains de la région afin de réaliser des échantillonnages d'air de **24h à un débit de 30m³.h⁻¹**.

Les résultats de ces études ont permis de déterminer la présence de, respectivement, **17 et 40 substances actives et métabolites**, à des concentrations faibles de l'ordre de **quelques pg.m⁻³ à quelques ng.m⁻³**.

Ces précédentes études ont permis de développer des outils et méthodes analytiques qui ont ensuite été transférés au Département régional de l'Environnement dont la mission principale a été la création et l'implémentation d'un réseau de surveillance et de contrôle des pesticides dans l'air (PESTNet) dans la région de Valence (López *et al.*, 2021). Pour pouvoir confirmer que les stratégies établies durant les années précédentes étaient appropriées, un programme pilote comprenant 3 stations d'échantillonnage différentes (2 rurales et 1 urbaine) a été développé et mis en œuvre en 2020.

La méthodologie d'échantillonnage a été adaptée et réalisée avec des **préleveurs moyen-débit** qui aspiraient l'air ambiant durant **7 jours à un flux de 2,3 m³.h⁻¹**. Cette adaptation a été considérée comme appropriée pour obtenir des mesures adéquates et pour pouvoir déterminer les concentrations de pesticides dans les deux phases (particulaire et gazeuse) dans l'air ambiant.

L'analyse des échantillons obtenus durant l'étude pilote visait à rechercher **78 substances actives et métabolites**. Les résultats ont montré que **30 pesticides et métabolites ont été détectés** sur les 3 sites d'études, à des fréquences de détection de 6% (**chlorpropham, krésoximéthyl, béta-endosulfan, endosulfan-sulfate**) à 100% (**azoxystrobin, métalaxyl-M, chlorpyrifos-méthyl**) et des concentrations allant de 0,14 ng.m⁻³ (**boscalide**) et 4.4 ng.m⁻³ (**chlorpyrifos-méthyl**).

De plus, il a été mis en évidence que le **site urbain était moins contaminé que les sites ruraux**. En effet, en milieu urbain, moins de pesticides ont été détectés (19 s.a.) et à des concentrations plus faibles, alors que les sites ruraux présentaient plus de pesticides (21 et 23 s.a.) et des concentrations plus élevées.

Les résultats de cette étude pilote ont permis de mettre en avant la contamination de l'air ambiant sur 3 sites répartis dans la région de Valence. De ce fait, la région a décidé de déployer cette même méthodologie dans les années à venir dans 10 sites différents et de pérenniser ce réseau de surveillance et de contrôle.

Pays-Bas

Au Pays-Bas, la qualité de l'air est gérée par l'Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement (RIVM). Actuellement, il n'existe pas de programme de surveillance des pesticides dans l'air ambiant. Toutefois, l'impact de la présence de pesticides dans l'air sur la santé humaine préoccupe le pays, puisque plusieurs études se sont focalisées sur l'évaluation des risques encourus par les riverains des cultures.

En 2015, une étude a été initiée pour déterminer dans quelle mesure l'utilisation agricole de PPP (ici, cultures de fleurs à bulbes) à proximité des habitations contribuait à l'exposition des résidents. Pour cela, l'étude visait à évaluer les concentrations en pesticides dans l'environnement des riverains de ce type de culture (Figueiredo *et al.*, 2021a, 2021b; Gooijer *et al.*, 2019).

Le choix de la **liste des s.a. à surveiller dans les échantillons environnementaux** a été fait après l'inventaire des PPP disponibles en 2015 pour les producteurs de tulipes et de lys. Cette liste de s.a. a été déterminée à l'aide de différents critères et notamment leur **utilisation dans le type de culture considéré** et la **disponibilité de méthodes analytiques**. Cet inventaire a abouti à une **liste de 46 s.a. et métabolites**.

L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un **préleveur actif** à un **débit d'environ 4m³.h⁻¹** durant **7 jours** (à savoir 7 prélèvements de 24h), dans un rayon de 250 m autour de la culture. L'air a été aspiré à travers un **filtre en fibre de verre** et un tube contenant la **résine absorbante XAD-2**.

Les résultats obtenus ont souligné la **présence de 14 pesticides** dans l'ensemble des échantillons d'air réalisés, : **tébuconazole, thiaclopride, flonicamide, fluopyram, trifloxystrobine, chlorpropham, pendiméthaline, prochloraz, acétamipride, mépaniprym, lambda-cyhalothrine, asulam, métamitron, et pymétrozine**. De plus, les **concentrations mesurées étaient faibles et de l'ordre du ng/m³**. La comparaison de la concentration en pesticide mesurée 1 jour après la pulvérisation et 2-7 jours après la pulvérisation a démontré une diminution significative au cours du temps pour certains pesticides (ex. chlorpropham et pendiméthaline), mais aucune différence pour d'autres (ex. tébuconazole et fluopyrame).

Enfin, l'étude a également permis de comparer les concentrations en pesticides dans l'air durant la période d'utilisation et de non-utilisation. L'analyse a démontré que pour l'ensemble des molécules détectés, **les concentrations mesurées dans l'air étaient significativement plus élevées durant la période d'utilisation des PPP que lors de la période de non-utilisation**. Il est toutefois intéressant de noter que même durant la période de non-utilisation, les concentrations mesurées étaient (pour la plupart des pesticides) supérieures à la LOQ.

France

La surveillance des pesticides dans l'air extérieur en France a débuté dans les années 2000 où des mesures régionales ont été réalisées par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Elles ont ainsi recueilli plus de 450 000 données disponibles sur le site data.gouv.fr. L'ensemble de ces données a conduit les autorités à mettre en place une surveillance à l'échelle nationale des pesticides dans l'air ambiant à partir de 2021.

Dans un premier temps, des travaux préliminaires ont été réalisés par l'INERIS en 2017 afin de définir un protocole harmonisé de surveillance des pesticides, reprenant les principaux éléments essentiels à suivre tels que la stratégie d'échantillonnage spatio-temporelle (fréquence, support, préleveurs, ...) ou encore les données annexes à recueillir lors de l'échantillonnage (précipitation, sens du vent, ...) (Marlière, 2018).

Les principaux résultats de ce travail préliminaire ont permis de déterminer les caractéristiques météorologiques à utiliser pour la surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant :

- L'utilisation d'un **préleveur moyen-débit** et de **prélèvements hebdomadaires** car cela apporte des résultats similaires aux préleveurs haut-débit mais permet également d'assurer une couverture temporelle (prélèvement sur 7 jours au lieu de 24-48h) avec un coût réduit en analyse,
- L'utilisation de la **coupure PM10 (particules en suspension de 10 µm de diamètre) a été retenue en vue d'une interprétation des risques sanitaires** bien que la comparaison des concentrations mesurées en TSP (particules totales), PM10 et PM2,5 n'a pas fait apparaître d'influence significative sur les résultats,
- L'utilisation de **filtre de quartz** et la **mousse PUF** pour la capture des pesticides respectivement de la phase particulaire et de la phase gazeuse, l'ajout de résine XAD-2 combinée à une mousse n'ayant pas démontré un piégeage plus efficace des pesticides.

A la suite de la détermination du protocole harmonisé de surveillance des pesticides, une campagne nationale exploratoire des pesticides (CNEP) dans l'air ambiant a été menée de juin 2018 à juin 2019 par l'ANSES, les AASQAs et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) afin d'établir un premier état des lieux des concentrations en pesticides mesurées sur l'ensemble de la France.

La liste des pesticides à analyser a été établie par l'ANSES en 2017 en tenant compte de nombreux critères tels que les substances actives autorisées et vendues en France, leurs paramètres physico-chimiques (volatilité, évaporation, ...), ou encore leur toxicité envers l'Homme (reprotoxicité, mutagénicité,...). Cette analyse a permis de définir **une liste de 75 pesticides pertinents** à surveiller dans l'air ambiant (Anses, 2017).

Les résultats de cette CNEP sur l'ensemble du territoire français a permis de définir que **parmi les 75 substances analysées, 9 s.a. ont des fréquences de détection supérieures à 20%**, seuil choisi dans cette étude pour obtenir suffisamment de données permettant leur exploitation par rapport aux variables explicatives (profils agricoles, typologies de site, usage, ...). Il s'agit du: **chlorothalonil, chlorpyrifos-méthyl, folpet, glyphosate, lindane, pendiméthaline, S-métolachlore, prosulfocarbe et triallate**.

Les **concentrations moyennes nationales annuelles étaient de l'ordre du ng.m⁻³**. Le lindane et le glyphosate présentaient les concentrations moyennes les plus faibles, (respectivement 0,06 ng.m⁻³ et 0,04 ng.m⁻³), alors que les sept autres s.a. avaient des concentrations moyennes annuelles supérieures à 0,12 ng.m⁻³. Par ailleurs, certaines s.a. interdites depuis plusieurs années (ex. lindane très volatile), étaient encore quantifiées dans l'air ambiant (0,06 ng.m⁻³ en moyenne annuelle).

Enfin, les résultats ont mis en évidence une **variation temporelle des concentrations en pesticides** qui était cohérente avec les traitements connus des différentes cultures.

L'ensemble du travail effectué de 2017 à 2019 a permis à la France de mettre en place un réseau de surveillance des pesticides dans l'air ambiant au niveau national. Ce programme a été géré de manière régionale, c'est-à-dire que chaque région réalise annuellement ce suivi, puis l'ensemble des résultats est regroupé dans la base de données nationale PhytoAtmo¹⁰.

c) Evaluation des risques des pesticides présents dans l'air ambiant

L'évaluation des risques des pesticides dans l'air ambiant est principalement réalisée en suivant les recommandations de US EPA (1997, 2011) et WHO (1999). Celles-ci se basent sur le calcul du **quotient de risque (HQ)** et de l'**indice de risque (HI)**.

Le **quotient de risque** est spécifique à une substance active. Il se calcule à partir de l'exposition journalière par inhalation (DIE, Daily Inhalation Exposure) et de la valeur de référence pour la santé (HBRV, Health Based Reference Values). Toutefois, pour certaines substances, aucune valeur de référence de l'exposition par inhalation pour la population générale n'est actuellement déterminée, c'est pourquoi elle est généralement remplacée par la concentration acceptable d'exposition pour les professionnels (AOEL). La formule est donc la suivante :

$$HQ = DIE/HBRV$$

avec $DIE = (C \times IR \times ED) / BW$

C : concentration en pesticide (ng.m⁻³)

IR (inhalation rate) : taux d'inhalation par heure (m³.h⁻¹)

ED (exposure day) : temps d'exposition (h.j⁻¹)

BW (body weight) : poids corporel (kg)

Certaines valeurs par défaut sont indiquées dans les guidelines US EPA et WHO notamment pour IR et BW considérant la catégorie d'âge, comme indiqué dans le [Tableau 11](#).

¹⁰ <https://www.atmo-france.org/article/phytatmo>

	Taux d'inhalation (m ³ /jour)	Poids corporel (kg)
Nourrisson	8	10
Enfants	10	15
Adultes	20	70

Lors d'une surveillance dans le temps des concentrations en pesticides, il est possible de définir la DIE selon deux scénarii:

- en utilisant la concentration moyenne détectées au cours de la période d'échantillonnage
- en utilisant la concentration maximale durant la période d'échantillonnage

Une fois les DIE et HQ calculés, si le **coefficient de risque (HQ) est inférieur ou égal à 1, cela signifie qu'il y a peu de risque pour les personnes considérées et exposées**. En revanche, un **HQ > 1 indique un risque pour la santé des personnes exposées**.

A la suite de la détermination des quotients de risques pour chaque pesticide mesuré, un indice de risque (HI) est évalué en additionnant l'ensemble des HQ obtenus :

$$HI = \sum (HQ)$$

De manière similaire, si **HI ≤ 1, il n'y a pas de risque pour les personnes exposées**, mais si **HI > 1, cela signifie un risque pour la santé des personnes exposées**.

Il est à noter que cet indice de risque pourrait être calculé en considérant l'ensemble des pesticides ayant un effet toxique similaire. Par exemple, en tenant compte du caractère cancérigène de chaque substance active (e.g. effet avéré, effet possible, ...), HI pourrait être calculé uniquement sur base des s.a. considérées comme cancérigène avéré et ainsi définir un indice de risque pour cet effet spécifique.

Lorsque les pesticides appartiennent à la même famille (ex. pyréthrinoïdes, carbamates, ...) et/ou qu'ils ont le même mode d'action, il est possible de déterminer le **facteur de potentialité relative (RFP, Relative Potency Factor)**. Le RFP est le ratio entre la toxicité d'une substance chimique donnée et celle d'une substance chimique de référence, pour un effet considéré. Les RFP sont utilisés pour convertir les expositions à tous les produits chimiques ayant un effet considéré, en équivalent d'exposition au produit chimique de référence.

Les RFP sont estimés en normalisant la toxicité de tous les pesticides d'un mélange à celle d'une substance chimique de référence, qui a été bien étudié et avec une base de données toxicologiques étendue. Le RFP est défini comme suit (OCDE, 2018) :

$$RFP_x = (\text{Toxicité de la substance de référence}) / (\text{toxicité de la substance x considérée})$$

Par exemple, les pesticides carbaryl, chlorpyrifos et tébuconazole sont généralement sélectionnés pour être respectivement les substances de référence pour les organophosphates, les carbamates et les triazoles.

Les paramètres de toxicité utilisés peuvent être divers. Pour les organophosphates et les carbamates, les paramètres de toxicité utilisés peuvent être les doses de référence auxquelles l'activité de l'acétylcholinestérase dans le cerveau des rats femelles est réduite de 10 % par rapport à l'activité de base, tandis que pour les triazoles, il peut s'agir de la dose sans effet nocif observé (NOAEL) de toxicité hépatique. Les paramètres choisis dépendent notamment des bases de données toxicologiques disponibles.

A la suite de cela, l'**exposition cumulée (CE, ng/kg/jour)** peut être déterminée pour chaque famille de substances :

$$CE = \sum (DIE \times RPF)$$

Hiérarchisation des substances actives d'intérêts

a) Méthodologie

La priorisation des substances actives potentiellement présentes dans la matrice air a été réalisée sur base de la méthodologie utilisée par l'ANSES en 2017 (ANSES, 2017) et du projet EXPOPESTEN (ISSEP, CRA-W, 2018). Cette démarche « a priori » permet une hiérarchisation théorique des substances actives par le calcul d'un score de priorité basé sur plusieurs critères repris dans le [Tableau 12](#).

Tableau 12 Critères sélectionnés pour la hiérarchisation des substances actives d'intérêt pour la matrice 'air'

Présence potentielle dans la matrice	Constante de Henry (Evaporation) Pression de vapeur (Volatilité)
Utilisation	Quantité utilisée en Wallonie
Toxicité	Cancérogénicité Mutagénicité Perturbation endocrinienne Toxicité sur un organe spécifique Reprotoxicité

Dans un premier temps, la base de données européennes (EU Pesticide Database¹¹) des substances actives agréées en Belgique a été consultée et a permis de répertorier **314 substances actives autorisées en janvier 2022 et 293 substances actives autorisées en janvier 2023**

De ces substances actives, toutes substances dites d'origines naturelles telles que les phéromones, mes huiles végétales ou encore les substances microbiennes ont été retirées, car ces microorganismes et molécules dérivées de plantes ou animaux peuvent naturellement être présents dans l'environnement et donc sont donc en dehors de l'objectif de cette étude. Il résulte alors une liste de **234 SA (janv. 2022) et 216 SA (janv. 2023)** ([Figure 3](#)).

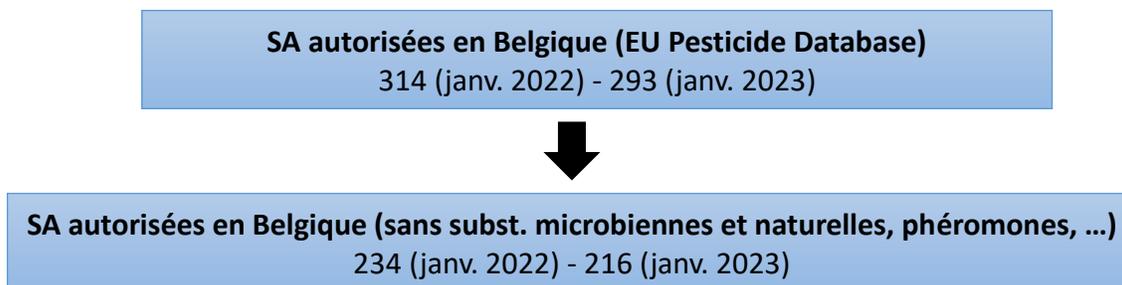


Figure 3 Nombre de substances actives étudiées pour la détermination des listes « a priori »

La liste de SA ainsi réduite a ensuite été utilisée pour déterminer les scores de priorité à l'aide de la méthodologie de hiérarchisation selon les critères repris dans le [Tableau 12](#).

¹¹ <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/active-substances>

Présence potentielle de la substance active dans la matrice air

Ce critère est divisé en deux sous-critères qui sont la constante de Henry pour le potentiel d'évaporation et la pression de vapeur pour la volatilité. Les informations pour chaque s.a. ont été obtenues en consultant la base de données PPDB¹².

La constante de Henry permet de définir la volatilité d'une molécule. Selon que la molécule soit considérée non-volatile ($H < 0,1 \text{ Pa.m}^3/\text{mol}$), modérément volatile ($0,1 < H < 100 \text{ Pa.m}^3/\text{mol}$) ou volatile ($H > 100 \text{ Pa.m}^3/\text{mol}$), un score de 1, 2 et 4 a respectivement été attribué (Tableau 13).

La pression de vapeur indique le potentiel d'évaporation d'une molécule. Selon que la molécule ait une faible évaporation ($< 0,5 \text{ mPa}$), une évaporation modérée ($5\text{-}10 \text{ mPa}$) ou une forte évaporation ($> 10 \text{ mPa}$), un score de 1, 2 et 4 a respectivement été attribué (Tableau 13).

Tableau 13 Critères utilisés pour déterminer la présence potentielle d'une substance active dans l'air ambiant

H (Pa.m ³ /mol)	Volatilité	Score
< 0,1	Non-volatile	1
0,1 – 100	Modérément volatile	2
> 100	Volatile	4
Pression de vapeur (mPa)	Evaporation	Score
< 5	Faible	1
5 – 10	Modérée	2
> 10	Forte	4

Le score obtenu pour chacun des deux critères a été additionné afin d'obtenir le score de potentialité de présence dans l'air ambiant. Ce score est donc compris entre 2 et 8.

Quantité utilisée estimée en Wallonie

Les quantités utilisées estimées sont des données pertinentes à prendre en considération dans la hiérarchisation des s.a. Ces données ont été obtenues de la Direction de l'Analyse Economique Agricole (DAEA) qui rassemble chaque année les données d'utilisations de produits phytopharmaceutiques pour de nombreuses exploitations agricoles. Ces données ont ensuite été analysées et extrapolées par l'asbl CORDER selon leur méthodologie développée dans le rapport « *Estimation quantitative des utilisations de produits phytopharmaceutiques par les différents secteurs d'activité en Wallonie* » (CORDER, 2022).

Les quantités utilisées estimées ont ensuite été catégorisées et un score a été attribué à chaque catégorie (Tableau 14).

Tableau 14 Catégories des quantités de substances actives utilisées estimées en Wallonie et les scores associés

Quantités utilisées estimées (kg)	Score
0	1
0 – 500	2
500 - 1000	4
1000 - 10000	8
10000 - 100000	16
> 100000	32

¹² <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>

Critères de toxicité chronique

L'un des objectifs de cette étude et de la gestion des PPP est d'évaluer les risques liés à leur présence dans les matrices environnementales et donc d'assurer la protection de la santé de la population. De ce fait, les données de toxicité chronique ont été considérées comme pertinentes à inclure dans la méthodologie de hiérarchisation des s.a. d'intérêts.

Pour cela, les différents critères d'effets toxiques retenus par l'ANSES ont été utilisés, à savoir : la **cancérogénicité**, la **mutagénicité**, la **toxicité sur un organe spécifique**, la **perturbation endocrinienne** et la **reprotoxicité**. Les informations reprises dans ces catégories ont été obtenues suite à la consultation de plusieurs bases de données (CIRC, US EPA, INSERM, EFSA, Agritox, SAgE).

Pour chaque critère de toxicité, un score a été attribué à chaque niveau de risque (Tableaux 15-19). Lorsqu'une molécule était indiquée dans plusieurs niveaux de risque (selon la base de données consultée), le risque le plus élevé a été retenu.

Enfin, le score de toxicité de chaque s.a. a été calculé en additionnant le score obtenu pour chaque critère de toxicité. Ainsi le score de toxicité est compris entre 2 et 56.

Tableau 15 Critères de toxicité retenus pour les effets cancérogènes pour l'évaluation de la toxicité chronique et score attribué (ANSES, 2017)

Niveau de risque cancérogène	CLP ³⁶	CIRC	US EPA (2005)	INSERM	Score
Cancérogène chez l'Homme	CLP 1A : Effet cancérogène avéré pour l'Homme	CIRC 1 : Cancérogène pour l'Homme	Carcinogenic to humans	Présomption de lien fort + plausibilité biologique forte	16
Cancérogène probable chez l'Homme	CLP 1B : Effet cancérogène présumé pour l'Homme	CIRC 2A : Probablement cancérogène pour l'Homme CIRC 2B : Possiblement cancérogène pour l'Homme	Likely to be carcinogenic to humans	Présomption de lien fort + plausibilité biologique moyenne <u>OU</u> présomption de lien moyen + plausibilité biologique forte <u>OU</u> présomption de lien moyen + plausibilité biologique moyenne	8
Cancérogène possible chez l'Homme	CLP 2 : Effet cancérogène suspecté, mais les informations disponibles sont insuffisantes		Suggestive evidence of carcinogenic potential	Présomption de lien fort + plausibilité biologique inconnue <u>OU</u> présomption de lien faible + plausibilité biologique forte <u>OU</u> Présomption de lien moyen + hypothèse mécanistique inconnue <u>ou</u> faible présomption de lien + plausibilité biologique moyenne	4
Données inexistantes ou insuffisantes	-	CIRC 3 : Inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme	Inadequate information to assess carcinogenic potential	Faible présomption de lien et hypothèse mécanistique inconnue en fonction des données disponibles	1
Cancérogène peu probable chez l'Homme	-	CIRC 4 : Probablement pas cancérogène pour l'Homme	Not likely to be carcinogenic to humans	-	0

Tableau 16 Critères de toxicité retenus pour les effets mutagènes pour l'évaluation de la toxicité chronique et score attribué (ANSES, 2017)

Niveau de risque mutagène		CLP ³⁶	Score
Mutagène chez l'Homme	CLP 1A : Effet mutagène avéré pour l'Homme		8
Mutagène probable chez l'Homme	CLP 1B : Effet mutagène présumé pour l'Homme		4
Mutagène possible chez l'Homme	CLP 2 : Effet mutagène suspecté, mais les informations disponibles sont insuffisantes		2
Substance non classée			1

Tableau 17 Critères de toxicité retenus pour les effets toxiques spécifiques à certains organes cibles lors d'exposition répétée pour l'évaluation de la toxicité chronique et score attribué (ANSES, 2017)

Toxicité spécifique pour certains organes cibles – Exposition répétée		CLP ³⁶	Score
Effets toxiques notables chez l'Homme	1 : Substances ayant produit des effets toxiques notables chez des êtres humains ou dont il y a lieu de penser, sur la base de données provenant d'études sur des animaux, qu'elles peuvent être gravement toxiques pour l'être humain à la suite d'expositions répétées		8
Effets toxiques possibles chez l'Homme	2 : Substances dont des études sur des animaux permettent de penser qu'elles peuvent porter préjudice à la santé humaine à la suite d'expositions répétées		4
Substance non classée			0

Tableau 18 Critères de toxicité retenus pour les effets perturbateurs endocriniens (PE) pour l'évaluation de la toxicité chronique et score attribué (ANSES, 2017)

Niveau de risque PE	BKH (2000)*	BKH (2002) et DHI*	IEPA	US EPA – EDSP*	Listes	Score
PE évident	Catégorie 1 : "HPV and/or persistent and/or exposure expected as well as evidence of endocrine disruptive effects"	Catégorie 1 : "at least 1 <i>in vivo</i> study providing clear evidence for ED in a intact organism"	Known	"Evidence for potential interaction with the estrogen, androgen or thyroid pathways in mammals"	Présence sur la liste SIN	8
PE probable	Catégorie 2 : "HPV and/or persistent and/or exposure expected as well as potential evidence of endocrine disruptive effects"	Catégorie 2: "Potential for ED. In-vitro data indicating potential for ED in intact organisms. Also includes effects in-vivo that may, or may not, be ED-mediated"	Probable	"Limited evidence for potential interaction with the estrogen, androgen or thyroid pathways in mammals"	Présence sur liste TEDX	4
PE suspecté			Suspected			2
Données inexistantes ou insuffisantes	Catégorie 3 : "HPV and/or persistent and/or exposure expected as well as no scientific basis for/no data on endocrine effects"	Catégorie 3b: "substances with no or insufficient data gathered"				1
Effets PE peu probables		Catégorie 3a: "No scientific basis for inclusion in list (ED studies available but no indications of ED effects)"		"No convincing evidence of potential interactions with estrogen, androgen or thyroid pathways or mammals"		0

* Le BKH et le DHI proposent une classification PE combinant une classification pour les effets sur la santé humaine et une pour les effets sur la faune. L'US EPA considère également les données sur les mammifères aussi bien que sur la faune. Le choix a été fait de se baser uniquement sur les effets sur la santé humaine pour être cohérent avec l'ensemble des classifications CLP retenues.

Tableau 19 Critères de toxicité retenus pour les effets sur la reproduction pour l'évaluation de la toxicité chronique et score attribué (ANSES, 2017)

Niveau de risque Effets reprotoxiques et sur le développement	CLP ³⁶	INSERM	Score
Reprotoxique chez l'Homme	CLP 1A : Effet reprotoxique avéré pour l'Homme	Présomption de lien fort + plausibilité biologique forte	16
Reprotoxique probable chez l'Homme	CLP 1B : Effet reprotoxique présumé pour l'Homme	Présomption de lien fort + plausibilité biologique moyenne <u>OU</u> présomption de lien moyen + plausibilité biologique forte <u>OU</u> présomption de lien moyen + plausibilité biologique moyenne	8
Reprotoxique possible chez l'Homme	CLP 2 : Effet reprotoxique suspecté, mais les informations disponibles sont insuffisantes	Présomption de lien fort + plausibilité biologique inconnue <u>OU</u> présomption de lien faible + plausibilité biologique forte <u>OU</u> Présomption de lien moyen + hypothèse mécanistique inconnue <u>ou</u> faible présomption de lien + plausibilité biologique moyenne	4
Données inadéquates pour l'évaluation du potentiel Reprotoxique chez l'Homme ou substance non classée	Non classée	Faible présomption de lien et hypothèse mécanistique inconnue en fonction des données disponibles	1

b) Résultats de hiérarchisation

Score de priorité

Après avoir déterminé le score de chaque critère de sélection (Tableau 12), le score de priorité de chaque s.a. a été calculé en additionnant l'ensemble des critères. Ce score a uniquement été établi lorsque les informations pour l'ensemble des 3 critères de sélection ont pu être obtenus des bases de données.

Parmi les 234 s.a. agréées en Belgique (données de janvier 2022), **un score de priorité a pu être calculé pour 222 s.a. et celui-ci est compris entre 7 et 59**. Seules 12 s.a. n'ont pas obtenu de score de priorité du fait du manque d'information dans les bases de données

Détermination des listes de s.a. « prioritaires » et « hautement prioritaires »

A partir des scores de priorités, 3 listes ont été établies, à savoir :

- liste des s.a. non-prioritaires
- liste des s.a. prioritaires
- liste des s.a. hautement prioritaires

L'appartenance d'une s.a. à chacune des listes dépend de la valeur de son score de priorité par rapport à la distribution pour l'ensemble des substances ayant obtenu un score de priorité. Ainsi, les percentiles de la distribution des scores de priorités ont été calculés, notamment le **70^{ème} centile (P70) retenu comme limite pour déterminer la liste des s.a. « prioritaires »** et le **90^{ème} centile (P90) retenu comme limite pour la liste des s.a. « hautement prioritaire »** (Figure 4).

Le résultat de ce travail a permis de déterminer que la **liste de s.a. « prioritaires » contient 71 s.a.** (Annexe 1) et que la **liste de s.a. « hautement prioritaires » reprend 24 s.a.** (Annexe 2). Enfin, il apparaît que 151 s.a. ont un score de priorité inférieur au P70 et sont donc repris comme s.a. non-prioritaires (Figure 4).

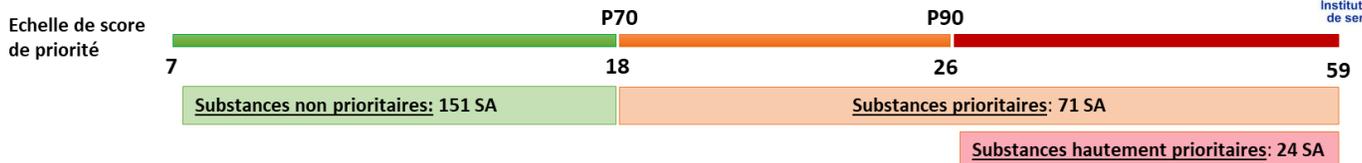


Figure 4 Echelle de score de priorité et nombre de s.a. dans chaque catégorie de liste.

c) Produits phytopharmaceutiques autorisés pour les professionnels en Wallonie

Bien que plus de 250 s.a. soient agréées en Belgique, celles-ci ne sont pas toutes utilisées en Wallonie.

La consultation de la base de données Phytoweb a permis de rechercher les s.a. autorisées pour les professionnels en Wallonie, c'est-à-dire dans l'agriculture wallonne. En effet, ce secteur professionnel est le plus grand consommateur de pesticides (~95%) comparé à l'utilisation par les amateurs (~5%) (CORDER, 2022). Par ailleurs, l'agriculture en Wallonie est majoritairement constituée par 17 cultures principales, représentant ainsi environ 82% de la surface agricole utilisée.

La recherche des s.a. autorisées d'utilisation par les professionnels s'est donc focalisée sur ces cultures principales et il en résulte une liste de 135 s.a. (Annexe 3), qui pourrait potentiellement être retrouvées dans l'air ambiant.

Conclusions

Ce 1^{er} volet du programme de travail de la mise en place d'un réseau de surveillance des risques liés aux pesticides présents dans l'air ambiant a pour objectifs de faire un bilan des réseaux de surveillance existants, mais également de déterminer les stratégies de surveillance mise en place dans d'autres pays d'Europe (notamment la méthodologie développée) et enfin la détermination de listes de substances actives qu'il est intéressant (voire nécessaire) de suivre dans l'air ambiant.

Ce travail souligne l'**existence de 3 réseaux de surveillance des pesticides en Wallonie** (niveau régional), principalement les eaux (eaux de surface, eaux souterraines, eaux de distribution pour la consommation humaine) et un réseau de surveillance au niveau national pour les denrées alimentaires (gestion fédérale par l'AFSCA). Au niveau régional, bien que de nombreux pesticides soient analysés dans les différentes eaux, une **grande majorité des pesticides suivis ont été interdits depuis plusieurs années. Seule une faible proportion (5 à 10%) des s.a. autorisées en Belgique sont suivies dans ces réseaux existants**. Comme très peu de s.a. autorisées en Belgique sont suivies dans l'eau, il n'y a pas d'anticipation des risques de contaminations de la ressource. Elles sont souvent suivies à posteriori. Le réseau de surveillance des denrées alimentaires est le réseau analysant le plus de pesticides puisqu'il couvre environ 90% des s.a. autorisées en Belgique.

L'analyse de benchmarking a permis de mettre en évidence que la **France est actuellement le seul pays d'Europe doté d'un réseau pérenne de surveillance national des pesticides dans l'air ambiant**. En effet, d'autres états membres de l'UE ont réalisé des études ponctuelles qui ont observé la présence de pesticides dans l'air ambiant, mais aucun n'a encore établi un programme précis de suivi récurrent.

Les méthodologies mises en place dans les différentes études européennes révèlent majoritairement l'**utilisation de préleveurs actifs pour l'échantillonnage de l'air ambiant** dans les zones d'études. Les **phases particulaires et gazeuses** sont, de manière unanime, respectivement capturées sur des **filtres (fibre de quartz ou fibre de verre)** et des **mousses polyuréthanes (PUF)**. Les **prélèvements effectués à l'aide de préleveurs actifs sont généralement réalisés durant 7 ou 14 jours, à des débits moyens de l'ordre de 1 m³/h à 2.3 m³/h**.

Enfin, la dernière partie de ce volet vise à déterminer des listes de substances actives d'intérêt à surveiller dans la matrice 'air' à l'aide d'une approche théorique. Cette approche s'est basée sur l'utilisation de critères tels que les paramètres physico-chimiques de la molécule, les quantités utilisées en Wallonie et les caractéristiques de toxicité. Il a découlé de cette hiérarchisation **deux listes de substances actives d'intérêts : une liste de 71 s.a. dites « prioritaires » et une liste de 24 s.a. dites « hautement prioritaires »**. De même, la consultation de la base de données Phytoweb a permis d'établir une liste de **135 s.a. autorisées par les professionnels** et donc possiblement détectables dans l'air ambiant.

Dans la suite de ce projet, ces trois listes seront comparées aux résultats de terrain obtenus lors des campagnes d'analyses de screening, afin d'élaborer une liste de s.a. à surveiller dans l'air ambiant la plus pertinente possible.

- Anses, 2017. Proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant. Saisine n° « 2014-SA-0200 ». 306 p.
- Borrás, E., Sánchez, P., Muñoz, A., Tortajada-Genaro, L.A., 2011. Development of a gas chromatography–mass spectrometry method for the determination of pesticides in gaseous and particulate phases in the atmosphere. *Analytica Chimica Acta* 699, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.05.009>
- CORDER, 2022. Estimation quantitative des utilisations de produits phytopharmaceutiques par les différents secteurs d'activité. (No. CSC 03.09.00-21-326). 256p.
- Coscollà, C., Colin, P., Yahyaoui, A., Petrique, O., Yusà, V., Mellouki, A., Pastor, A., 2010. Occurrence of currently used pesticides in ambient air of Centre Region (France). *Atmospheric Environment* 44, 3915–3925. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.07.014>
- Coscollà, C., Hart, E., Pastor, A., Yusà, V., 2013. LC-MS characterization of contemporary pesticides in PM10 of Valencia Region, Spain. *Atmospheric Environment* 77, 394–403. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.05.022>
- Désert, M., Ravier, S., Gille, G., Quinapallo, A., Armengaud, A., Pochet, G., Savelli, J.L., Wortham, H., Quivet, E., 2018. Spatial and temporal distribution of current-use pesticides in ambient air of Provence-Alpes-Côte-d'Azur Region and Corsica, France. *Atmospheric Environment* 192, 241–256. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2018.08.054>
- Duong, H.T., Doan, N.H., Trinh, H.T., Kadokami, K., 2021. Occurrence and risk assessment of herbicides and fungicides in atmospheric particulate matter in Hanoi, Vietnam. *Science of The Total Environment* 787, 147674. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147674>
- Estellano, V.H., Pozo, Karla, Efstathiou, C., Pozo, Katerine, Corsolini, S., Focardi, S., 2015. Assessing levels and seasonal variations of current-use pesticides (CUPs) in the Tuscan atmosphere, Italy, using polyurethane foam disks (PUF) passive air samplers. *Environmental Pollution* 205, 52–59. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2015.05.002>
- Feltracco, M., Barbaro, E., Maule, F., Bortolini, M., Gabrieli, J., De Blasi, F., Cairns, W.R.L., Dallo, F., Zangrando, R., Barbante, C., Gambaro, A., 2022. Airborne polar pesticides in rural and mountain sites of North-Eastern Italy: An emerging air quality issue. *Environmental Pollution* 308, 119657–119657. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.119657>
- Figueiredo, D.M., Duyzer, J., Huss, A., Krop, E.J.M., Gerritsen-Ebben, M.G., Gooijer, Y., Vermeulen, R.C.H., 2021a. Spatio-temporal variation of outdoor and indoor pesticide air concentrations in homes near agricultural fields. *Atmospheric Environment* 262, 118612–118612. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2021.118612>
- Figueiredo, D.M., Krop, E.J., Duyzer, J., Gerritsen-Ebben, R.M., Gooijer, Y.M., Holterman, H.J., Huss, A., Jacobs, C.M., Kivits, C.M., Kruijne, R., 2021b. Pesticide Exposure of residents living close to agricultural fields in The Netherlands: Protocol for an observational study. *JMIR research protocols* 10, e27883.

- Giusti, A., Champon, L., Remy, S., 2018a. EXPOPESTEN. Volet 1 : Campagne de mesures des concentrations dans l'air ambiant en Wallonie de mai 2015 à mai 2016. Volet 2 : Biomonitoring des pesticides dans des populations d'enfants vivant dans des zones d'expositions aux pesticides contrastées. (No. 01323/2018). 122p. <https://www.issep.be/expopesten-2/>
- Giusti, A., Pirard, C., Charlier, C., Petit, J.C.J., Crevecoeur, S., Remy, S., 2018b. Selection and ranking method for currently used pesticides (CUPs) monitoring in ambient air. *Air Qual Atmos Health* 11, 385–396. <https://doi.org/10.1007/s11869-017-0516-6>. <https://www.issep.be/expopesten-2/>
- Gooijer, Y.M., Hoftijser, G.W., Lageschaar, L.C.C., Oerlemans, A., Scheepers, P.T.J., Kivits, C.M., Duyzer, J., Gerritsen-Ebben, M.G., Figueiredo, D.M., Huss, A., 2019. Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands: OBO flower bulbs= Onderzoek Bestrijdingsmiddelen en Omwonenden. Utrecht University. 381 p.
- Jacques, A., Pirard, C., Hoet, P., Ruttens, A., Maggi, P., Ruthy, I., Charlier, C., Haufroid, V., Demaegdt, H., Cheyns, K., Champon, L., Remy, S., 2023. Biomonitoring Humain BMH-Wal - Détermination des valeurs de référence pour la population wallonne Phase 1 : nouveau-nés, adolescents et adultes de 20-39ans - Version 2. ISSEP. 66 p.
- Kreuger, J., Lindström, B., 2019. Long-term monitoring of pesticides in air and atmospheric deposition in Sweden. IUPAC, Ghent, Belgium 20 may 2019.
- Kruse-Platz, M., Hofmann, F., Wosniok, W., Schleichriemen, U., Kohlschütter, N., 2021. Pesticides and pesticide-related products in ambient air in Germany. *Environmental Sciences Europe* 33, 1–21. <https://doi.org/10.1186/S12302-021-00553-4/FIGURES/8>
- López, A., Ruiz, P., Yusà, V., Coscollà, C., 2021. Methodological Aspects for the Implementation of the Air Pesticide Control and Surveillance Network (PESTNet) of the Valencian Region (Spain). *Atmosphere* 2021, Vol. 12, Page 542 12, 542–542. <https://doi.org/10.3390/ATMOS12050542>
- López, A., Yusà, V., Muñoz, A., Vera, T., Borràs, E., Ródenas, M., Coscollà, C., 2017. Risk assessment of airborne pesticides in a Mediterranean region of Spain. *Science of The Total Environment* 574, 724–734. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2016.08.149>
- Marlière, F. 2018. Protocole harmonisé pour la campagne nationale exploratoire de surveillance des pesticides dans l'air ambiant. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, DRC-18-152887-07109A. 54p.
- Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A.S., Srivastav, A.L., Kaushal, J., 2021. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production* 283, 124657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- Ruthy, I., Remy, S., Veschkens, M., Huyghebaert, B., Herman, J.-L., Pigeon, O., Ducat, N., Schiffrs, B., Frippiat, Ch., Nadin, C. & Bémelmans, S. (2019). Objectivation de l'exposition des populations aux pulvérisations de produits phytopharmaceutiques en Wallonie et des mesures de protection destinées à limiter cette exposition - Etude PROPULPPP. Rapport final n° 04460/2018, 23 p. + 6 annexes. <http://environnement.sante.wallonie.be/home/expert/projets/propulppp.html>
<https://www.issep.be/propulppp/>
- U.S. Environmental Protection Agency (US EPA), 1997. Exposure factors handbook. U.S. Environmental Protection Agency. EPA/ 600/P-95/002/Fa.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA), 2011. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition National Center for Environmental Assessment, Washington, DC; EPA/600/R-09/052F.

WHO, 1999. Principle for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. Environ. Health Criteria 210.

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>

Annexes

Annexe 1 Liste de substances actives 'a priori' prioritaires à suivre dans l'air ambiant

Liste s.a. "prioritaires"	Usage	Score de priorité
2,4-D	H	18
2,4-DB	H	18
Abamectin (aka avermectin)	I	22
Aclonifen	H	26
Amisulbrom	F	18
Benfluralin	H	24
Bentazone	H	26
Bixafen	F	23
Boscalid (formerly nicobifen)	F	18
Captan	F	29
Carbetamide	H	33
Chloridazon	H	23
Chlormequat	H	42
Chlorotoluron	H	32
Clomazone	H	18
Cyazofamid	F	23
Cymoxanil	F	29
Cypermethrin	I	22
Cyproconazole	F	28
Cyprodinil	F	18
Dicamba	H	18
Dichlorprop-P	H	18
Difenoconazole	F	26
Diflufenican	H	23
Dimethenamid-P	H	23
Dimethoate	I	18
Dimethomorph	F	25
Ethephon	H	26
Ethofumesate	H	23
Fenpropidin	F	27
Fenpropimorph	F	26
Fluazinam	F	26
Flufenacet	H	29
Fluroxypyr	H	23
Flutolanil	F	18
Folpet	F	18
Glyphosate	H	18
lambda-Cyhalothrin	I	18
Lenacil	H	18
Mancozeb	F	59
Mandipropamid	F	23
MCPA (4-chloro-2methylphenoxy acetic acid)	H	26
MCPB	H	18
Mecoprop-P (MCP)	H	18
Mesotrione	H	21

Metaldehyde	I	22
Metamitron	H	39
Metazachlor	H	26
Metconazole	F	18
Metobromuron	H	23
Metribuzin	H	26
Pendimethalin	H	27
Phenmedipham	H	23
Pirimicarb	I	21
Prochloraz	F	18
Propamocarb	F	29
Propyzamide	H	18
Prosulfocarb	H	23
Prothioconazole	F	26
Quizalofop-P-tefuryl	H	18
S-Metolachlor	H	23
Spirodiclofen	I	22
Spiroxamine	F	21
Tebuconazole	F	21
Tembotrione	H	21
Terbutylazine	H	29
Thiacloprid	I	28
Thiophanate-methyl	F	19
Tri-allate	H	22
Triflumizole	F	21
Trinexapac	H	18

Les s.a. écrites en rouge indiquent les s.a. récemment interdites. H : Herbicides, F : Fongicides, I : Insecticides.

Annexe 2 Liste de substances actives 'a priori' hautement prioritaires à suivre dans l'air ambiant

Liste s.a. "hautement prioritaires"	Usage	Score de priorité
Aclonifen	H	26
Bentazone	H	26
Captan	F	29
Carbetamide	H	33
Chlormequat	H	42
Chlorotoluron	H	32
Cymoxanil	F	29
Cyproconazole	F	28
Difenoconazole	F	26
Ethephon	H	26
Fenpropidin	F	27
Fluazinam	F	26
Flufenacet (formerly fluthiamide)	H	29
MCPA (4-chloro-2methylphenoxy acetic acid)	H	26
Metamitron	H	39
Metazachlor	H	26
Metribuzin	H	26
Pendimethalin	H	27
Propamocarb	F	29
Prothioconazole	F	26
Terbutylazine	H	29
Mancozeb	F	59
Thiacloprid	I	28
Fenpropimorph	F	26

Les s.a. écrites en rouge indiquent les s.a. récemment interdites. H : Herbicides, F : Fongicides, I : Insecticides.

Annexe 3 Liste des 135 substances actives autorisées d'utilisation par les professionnels sur les 17 cultures principales en Wallonie (BD Phytoweb, consultation octobre 2023)

1,4-diméthyl-naphthalène	Flonicamid	Phenmédi-phame
2,4-D	Florasulam	Picolinafen
Abamectine	Fluazifop-P	Pinoxaden
Acetamipride	Fluazinam	Pirimicarbe
Aclonifène	Flufénacet	Pirimiphos-méthyl
Ametoctradin	Fluopyram	Prohexadione-calcium
Amidosulfuron	Fluoxastrobin	Propaquizafop
Aminopyralid	Fluroxypyr	Propoxycarbazone de sodium
Amisulbrom	Folpet	Propyzamide
Azoxystrobin	Foramsulfuron	Proquinazid
Beflubutamid	Fosthiazate	Prosulfocarbe
Benfluraline	Gamma-cyhalothrin	Prosulfuron
Bentazone, sel de sodium	Glyphosate	Prothioconazole
Benzovindiflupyr	Halauxifen-méthyl	Pyraclostrobin
Bifenox	Hymexazol	Pyraflufen-ethyl
Bixafen	Imazamox	Pyridate
Boscalid	Iodosulfuron	Pyriofenone
Bromuconazole	Ipconazole	Pyroxulam
Carfentrazone-ethyl	Isofetamid	Quinmerac
Chlorméquat-chlorure	Isoxaben	Quizalofop-P-ethyl
Chlorotoluron	Isoxaflutole	Quizalofop-P-tefuryl
Clethodim	Lambda-cyhalothrine	Rimsulfuron
Clomazone	Lénacile	S-métolachlore
Clopyralid	Mandipropamide	Spinosad
COS-OGA	MCPA	Spiromesifen
Cyantraniliprole	MCPB	Spirotetramat
Cyazofamid	Mécoprop-P	Spiroxamine
Cycloxydim	Mefentrifluconazole	Sulcotrione
Cyflufenamid	Mepiquat	Sulfosulfuron
Cymoxanil	Mésosulfuron-méthyl-sodium	Tau-Fluvalinate
Cyperméthrine	Mésotrione	Tébuconazole
Cyprodinil	Métaldéhyde	Tebufenpyrad
Deltaméthrin	Métamitrone	Tefluthrin
Dicamba	Metconazole	Tembotrione
Dichlorprop-P, sel de diméthylamine	Métobromuron	Terbuthylazine
Difénoconazole	Metrafenone	Tetraconazole
Diflufénican	Métribuzine	Thifensulfuron-méthyl
Diméthénamide-P	Metsulfuron-méthyl	Triallate
Dimoxystrobin	Napropamide	Tribenuron
Esfenvalerate	Nicosulfuron	Trifloxystrobin
Ethéphon	Oxamyl	Triflusulfuron
Ethofumesate	Oxathiapiprolin	Trinexapac
Fenoxaprop-P	Pendiméthaline	Trinexapac-éthyle
Fenpicoxamid	Penoxsulam	Tritosulfuron
Fenpropidine	Pethoxamid	Zoxamide