



©Dusan Kostic fotolia



SURVEILLANCE DES PESTICIDES

Dans l'air ambiant en Pays de la Loire

Résultats 2018 à 2021 – juin 2022



air | pays de
la Loire
www.airpl.org



Sommaire

Synthèse	3
Introduction	7
Le dispositif régional de mesures	8
76 molécules collectées et analysées.....	8
Technique de collecte et d'analyse	10
Localisation des sites de mesure	10
Les périodes de mesure	13
Les résultats 2018 à 2021	16
Les molécules quantifiées et les concentrations moyennes rencontrées.....	16
Contribution des différentes familles de pesticides à la concentration totale.....	19
Comparaison intersites	24
Évolution temporelle des concentrations	25
Focus sur certaines molécules	28
Conclusions	36
Perspectives	37
Annexes	38

contributions

Coordination de l'étude - Rédaction : François Ducroz, Exploitation du matériel de mesure : équipe métrologie d'Air Pays de la Loire, Validation : Vincent Chevalier – David Bréhon.

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code l'environnement, précisé par l'arrêté du 1^{er} août 2019 pris par le Ministère chargé de l'Environnement.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Nous tenons à remercier messieurs les Maires des collectivités d'Angers, Pouillé, Saint-Julien-de-Concelles, Marolles-les-Braults et de la Chapelle-Heulin pour avoir accepté l'installation de nos préleveurs. Nous tenons à remercier la DRAAF pour la transmission des données de vente issues de la BNVD et le pôle végétal du service viticulture de la chambre d'agriculture des Pays de la Loire pour son expertise concernant les risques et la présence du Mildiou sur les vignobles des Pays de la Loire.

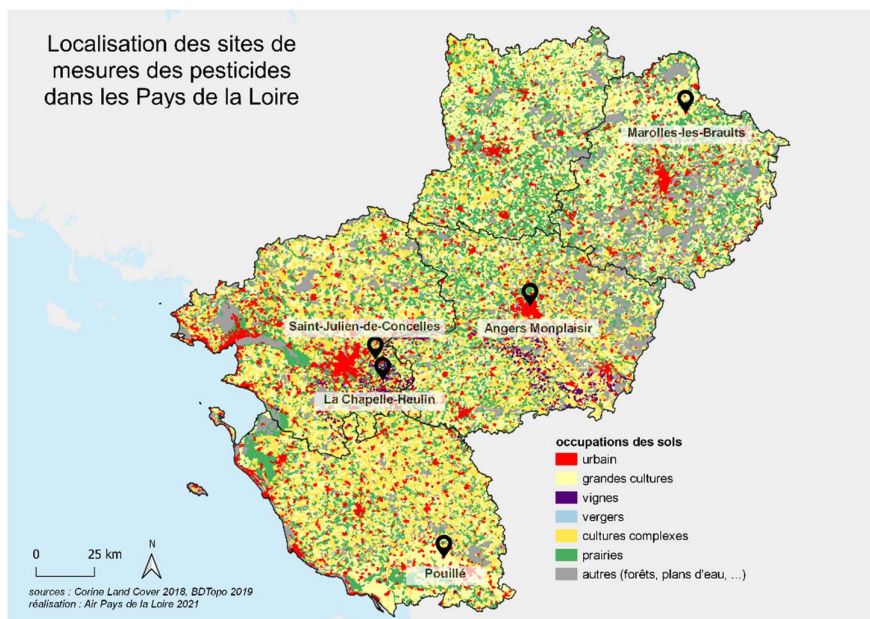
Cette étude a reçu le support financier de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), du Ministère de la transition écologique et solidaire (MTES), de l'ARS, de la DRAAF et de la DREAL des Pays de la Loire.

Synthèse

Un suivi depuis 2018

Dans le cadre de la campagne nationale exploratoire de surveillance des pesticides dans l'air ambiant qui avait pour objectif d'établir le premier état des lieux harmonisé des niveaux de concentration en résidus de pesticides, Air Pays de la Loire a mis en œuvre de juin 2018 à juin 2019, 3 stations de mesure sur les communes de Saint-Julien-de-Concelles (site à dominante maraîchage-viticulture), de Pouillé (site de grandes cultures) et à Angers au niveau du quartier Monplaisir potentiellement influencé par les traitements arboricoles et viticoles.

Bénéficiant d'un financement quadripartite (DRAAF, DREAL, ARS, Air Pays de la Loire), cette surveillance a été prolongée jusque fin décembre 2021 et complétée par l'intégration de deux stations de mesure supplémentaires : sur un site à dominante polyculture-élevage et grandes cultures dans le nord de la Région (Marolles-les-Brautts) en juillet 2019, et sur un site à dominante viticole (La Chapelle-Heulin) en mai 2020.



76 molécules ont été analysées de façon hebdomadaire selon la stratégie d'échantillonnage proposée par l'Anses¹ intégrant des prélèvements plus fréquents en période de traitements agricoles.

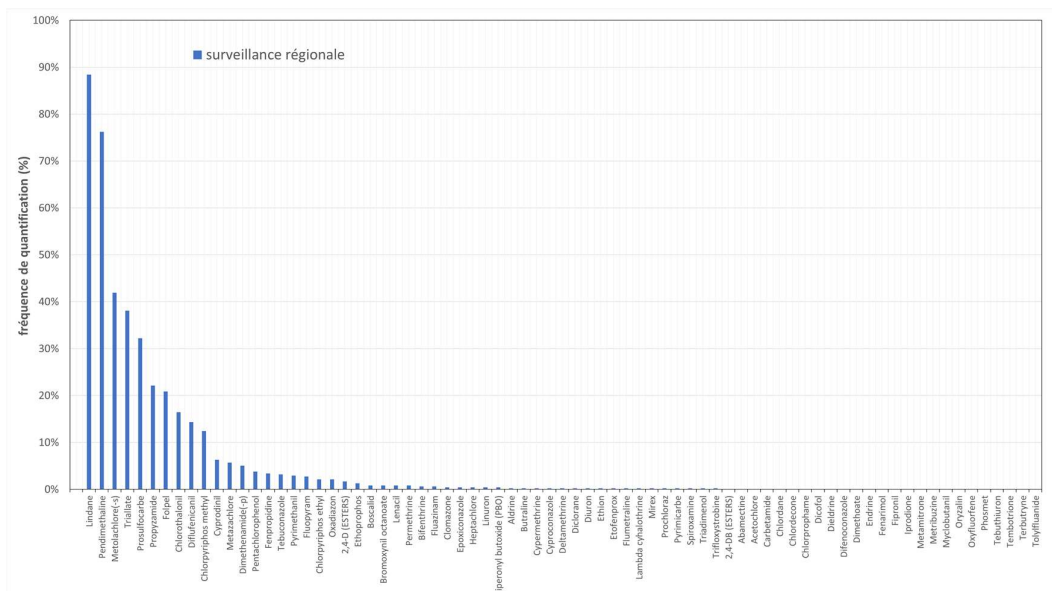
L'objectif de ce suivi est double :

- Apporter des éléments d'information (concentrations atmosphériques) aux organismes de santé sur l'exposition par inhalation de la population générale aux pesticides présents dans l'air,
- Suivre sur le long terme l'impact des actions régionales de réduction de l'utilisation des phytosanitaires mises en œuvre dans le cadre du plan Ecophyto sur les concentrations enregistrées dans l'air.

Ce rapport regroupe les résultats obtenus à partir de juin 2018 jusqu'au 31 décembre 2021.

¹ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0200Ra.pdf>

Résultat 1 : 50 molécules retrouvées dans l'air avec des fréquences de quantification à la baisse pour certaines



Fréquences de quantification des 76 molécules étudiées tous sites confondus

Sur les 76 substances actives recherchées :

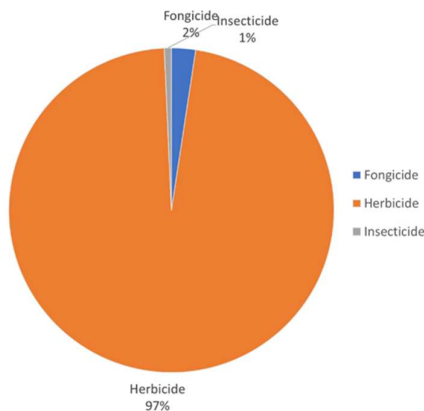
- 5 ont été quantifiées à une fréquence d'au moins 30 % : lindane (88 % des échantillons), pendiméthaline (76 %), s-métolachlore (42 %), triallate (38 %) et prosulfocarbe (32 %),
- 5 ont été quantifiées à une fréquence comprise entre 10 et 30 % : chlorothalonil, chlorpyriphos-méthyl, diflufenicanil, folpel et propyzamide,
- 40 autres molécules ont été quantifiées dans des proportions inférieures à 10 %,
- 26 n'ont jamais été quantifiées.

Le suivi mis en œuvre depuis 2018 permet d'étudier l'évolution interannuelle de la fréquence de quantification des différentes molécules analysées qui peut rendre compte d'éventuelles baisses ou arrêt dans l'utilisation de certaines molécules.

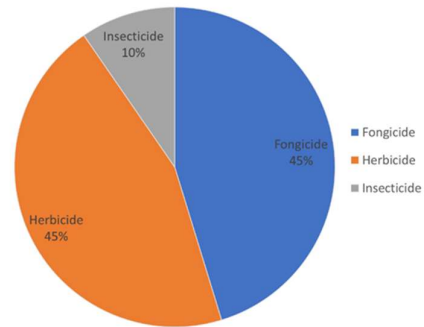
Le chlorothalonil (fongicide utilisé sur de nombreuses cultures : blé, seigle, tomate, orge, pommes de terre...) qui était quantifié dans plus de 20 % des prélèvements en 2019 et 2020 ne l'est quasiment plus en 2021. De fait, son utilisation a été interdite après le 20 mai 2020.

Le Chlorpyriphos-methyl, a également vu sa fréquence de quantification passer de 20 % en 2019 à moins de 3 % en 2021. Après une forte réduction du nombre de cultures-cibles au niveau national le 5 décembre 2018, la substance a perdu son autorisation comme substance active phytosanitaire le 31 janvier 2020 au niveau européen.

Résultat 2 : une prépondérance des herbicides dans l'air



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de Pouillé



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de la Chapelle-Heulin

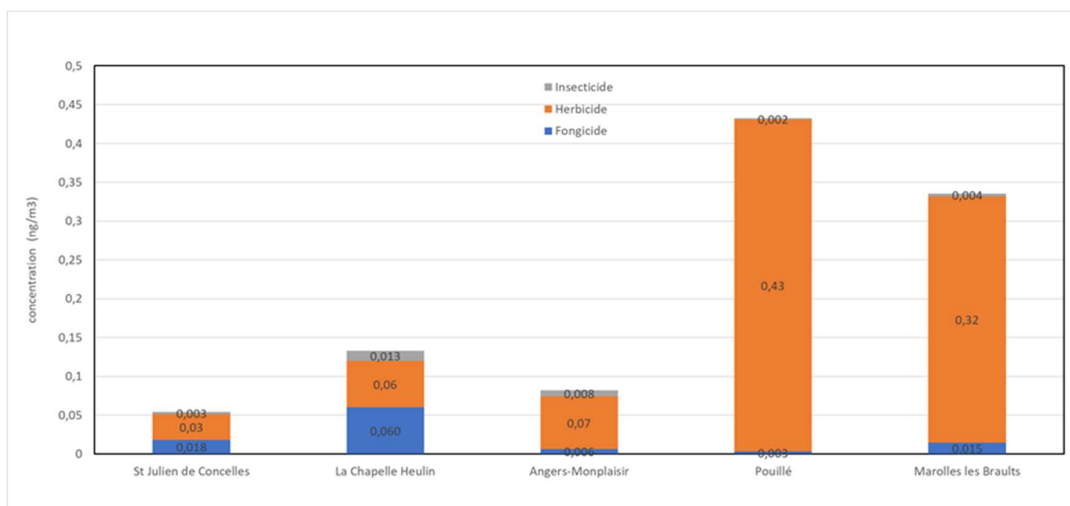
D'une façon globale, une prédominance des herbicides est observée avec notamment la présence du prosulfocarbe et dans une moindre mesure de la pendiméthaline.

Cette prédominance des herbicides s'accroît sur les sites de « grandes cultures » (Pouillé et Marolles-les-Braults) où ce type de pesticides est le plus utilisé notamment des molécules volatiles comme le prosulfocarbe, la pendiméthaline, le s-métolachlore. Il convient par ailleurs de rappeler que le glyphosate, qui est la substance la plus utilisée dans la région, n'est pas recherché, notamment pour une question de coût lié au protocole spécifique d'analyse.

Les fongicides sont moins représentés dans l'air que les herbicides mais peuvent l'être de façon significative notamment à La Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles et Angers. Parmi les fongicides, le folpel est le plus présent dans l'air en particulier sur les sites localisés à proximité de vignes (La Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles). Le folpel est notamment utilisé pour lutter contre le mildiou en zone viticole. A noter toutefois qu'un nombre important de fongicides très utilisés (soufre, cuivre, mancozèbe, chlorothalonil...) ne sont pas recherchés, notamment du fait de l'absence ou de la faible fiabilité des protocoles d'analyse associés.

Les insecticides, utilisés généralement à très faibles doses, sont très minoritaires par rapport aux herbicides et fongicides.

Résultat 3 : une concentration moyenne plus élevée sur les sites proches de grandes cultures

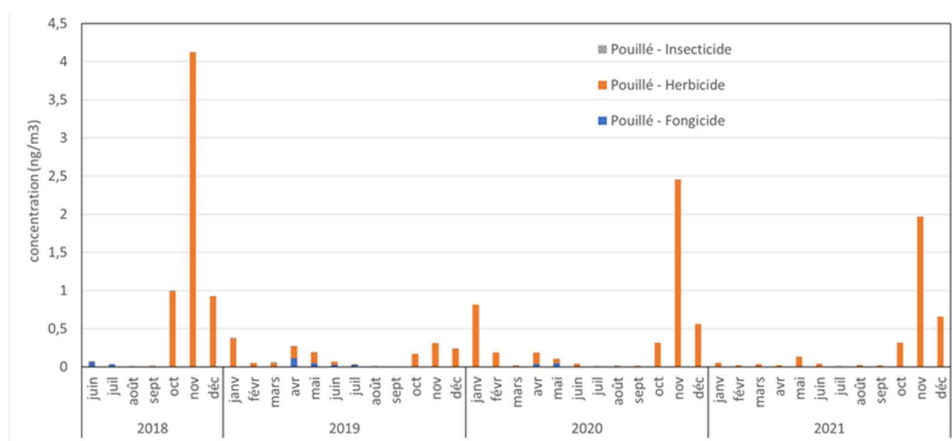


Concentration moyenne par famille de substance active du 12 mai 2020 au 31 décembre 2021 par site

En matière de concentrations moyennes enregistrées, nous pouvons distinguer 2 catégories :

- Les sites à dominante de grandes cultures (Marolles-les-Braults, Pouillé) qui présentent des concentrations moyennes tous pesticides confondus les plus élevées avec des niveaux 30 % plus élevés à Pouillé par comparaison à Marolles-les-Braults,
- Les 3 autres sites qui présentent des niveaux plus de 3 fois plus faibles que ceux enregistrés sur les sites de grandes cultures. Au sein de ces sites, le site de Saint-Julien-de-Concelles présente un niveau moyen le plus faible tandis que la moyenne à la Chapelle-Heulin est 40 % plus élevée que celle enregistrée sur le site d'Angers.

Résultats 4 : des concentrations plus élevées à l'automne



Évolution temporelle des concentrations en pesticides à Pouillé (juin 2018 - décembre 2021)

Sur l'ensemble des sites, l'évolution temporelle au sein de l'année est comparable, avec les concentrations les plus élevées en pesticides dans l'air en octobre et novembre conformément aux observations faites lors de la campagne nationale en 2018-2019. Elle est particulièrement visible sur les sites de grandes cultures (Pouillé et Marolles-les-Braults), avec une utilisation d'herbicides pour le désherbage des céréales d'hiver notamment avec du prosulfocarbe. Les fongicides se retrouvent essentiellement au printemps tandis que les insecticides très minoritaires sont présents tout au long de la période.

Le suivi réalisé sur plusieurs années permet également d'observer des variations interannuelles.

Par exemple, les niveaux en prosulfocarbe (herbicide céréales) à Pouillé mesurés à l'automne 2019 sont faibles par rapport aux automnes 2018, 2020 et 2021. En 2019, les applications de prosulfocarbe à l'automne ont été fortement réduites voire non réalisées, en raison de conditions météorologiques très défavorables à son application : pluies abondantes en novembre 2019.

A Saint-Julien-de-Concelles, les niveaux en folpel en juin 2018 sont élevés par rapport aux mois de juin 2019, 2020 et 2021. Une forte pression du mildiou en lien avec une forte pluviométrie a nécessité des traitements plus intenses en 2018.

Perspectives

Le suivi régional sera poursuivi sur 4 sites jusqu'au 31 décembre 2022. Le suivi sur le site de Saint-Julien-de-Concelles est arrêté compte tenu des faibles niveaux enregistrés, de sa proximité géographique avec le site de la Chapelle-Heulin et afin de limiter les coûts d'analyses.

Cette prolongation permettra de réaliser une nouvelle année de mesures et ainsi de confirmer ou non les observations faites les années précédentes. Cette année supplémentaire de mesure permettra également de poursuivre l'étude des variations interannuelles des niveaux enregistrés en lien notamment avec les conditions météorologiques et l'évolution des pratiques culturales.

Au niveau national, des réflexions sont en cours par le Ministère de l'Environnement et la Fédération Atmo France pour poursuivre le suivi mis en œuvre depuis juillet 2021 jusqu'à fin 2023. Ce suivi se concrétiserait en Pays de la Loire par la poursuite des mesures à Angers jusqu'à la fin de l'année 2023.

Introduction

Le terme pesticide, dérivé du mot anglais pest (« ravageurs »), désigne les substances ou les préparations utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes jugés indésirables, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux, de champignons ou de bactéries. Parmi les pesticides, on distingue les produits phytosanitaires utilisés pour la protection des cultures, les produits biocides à usage non agricole et les médicaments antiparasitaires.

Les produits phytosanitaires regroupent de nombreuses substances classées en familles selon leurs cibles : les herbicides détruisent les végétaux concurrents des cultures, les insecticides éliminent les insectes et les fongicides, les champignons causant des maladies aux cultures.

L'usage de ces produits a des répercussions sur l'air ambiant. Ainsi, la présence de pesticides dans l'air a été mise en évidence en France plus de 20 ans par plusieurs études menées notamment par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA). Elles montrent leur présence en milieu rural (zones de grandes cultures, viticoles, arboricoles, de maraîchage), en lien avec les périodes de traitement, mais également en milieu urbain. Cette problématique représente une préoccupation croissante du grand public et a été intégrée dans certains plans d'actions nationaux (PNSE, Ecophyto). Sur recommandation de l'ANSES², une campagne nationale exploratoire de surveillance des pesticides a été réalisée entre juin 2018 et juin 2019 sur le territoire national, avec l'appui des AASQA.

Au niveau régional, Air Pays de la Loire a initié en 2002 un programme de mesure des pesticides dans l'air. Cette première étude en zones viticoles (vignoble nantais) et maraîchères a permis de valider la procédure métrologique. Suite à cette première campagne expérimentale, Air Pays de la Loire a poursuivi en 2004 et 2006 les mesures en zones viticoles (vignoble nantais puis de l'Anjou) et 2007 en zones arboricoles. De 2016 à 2019, Air Pays de la Loire a également participé à l'étude nationale Repp'Air (Réduction des produits phytosanitaires dans l'air) qui étudiait le lien entre la présence de produits phytosanitaires dans l'air et les pratiques de traitement.

Dans le cadre de la campagne nationale exploratoire, de juin 2018 à juin 2019, Air Pays de la Loire a mis en œuvre 3 stations de mesure situées à Saint-Julien-de-Concelles (site à dominante maraîchage-viticole), de Pouillé (site de grande culture) et à Angers (quartier Monplaisir) potentiellement influencé par les traitements arboricoles et viticoles. Grâce à un financement régional (DRAAF, DREAL, ARS, Air Pays de la Loire), cette surveillance a été prolongée jusque fin décembre 2021 et densifiée par l'intégration de deux stations de mesure supplémentaires respectivement dans le nord de la Région sur un site à vocation grandes cultures (Marolles-les-Braults) et sur un site à dominante viticole (La Chapelle-Heulin). Il est à noter ici que les mesures mises en œuvre à partir de juillet 2021 sur le site d'Angers ont été intégrées dans la surveillance nationale et financées par le ministère de la transition écologique.

L'objectif de ce suivi est :

1. **d'apporter des éléments d'information (concentrations atmosphériques) aux organismes de santé sur l'exposition par inhalation de la population générale aux pesticides présents dans l'air.**
2. **de suivre sur le long terme l'impact des actions régionales de réduction de l'utilisation des phytosanitaires mises en œuvre dans le cadre du plan Ecophyto II sur les concentrations enregistrées dans l'air.**

Ce rapport regroupe les résultats obtenus lors de la campagne nationale initiée en juin 2018 jusqu'au 31 décembre 2021. Il fait suite à un premier rapport qui intégrait les résultats de juin 2018 à fin 2020.

Il présente successivement le dispositif mis en œuvre en Pays de la Loire puis les résultats de mesure et leur interprétation.

² Proposition de modalités pour une surveillance des pesticides dans l'air ambiant - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective – 257 pages, septembre 2017 Programme et liste des composés consultables sur internet : <https://www.anses.fr/fr/content/recommandations-de-l%E2%80%99anses-pour-la-mise-en-%C5%93uvre-d%E2%80%99une-surveillance-nationale-des-pesticides>

Le dispositif régional de mesures

76 molécules collectées et analysées

Afin de répondre aux objectifs de la saisine portant sur la proposition de modalités de surveillance nationale des pesticides dans l'air ambiant, l'Anses a défini une liste de substances prioritaires à surveiller sur l'ensemble du territoire national (métropole et DROM). Cette liste est issue d'un processus de sélection adapté aux objectifs d'une surveillance nationale et reposant :

- Sur une hiérarchisation à l'aide de l'application multicritères Sph'Air développée par l'INERIS pour hiérarchiser les pesticides à rechercher dans l'air ambiant. Celle-ci s'appuie sur 3 critères (quantités de substances utilisées sur le territoire considéré, potentiel d'émission dans l'atmosphère, persistance dans l'atmosphère),
- Sur une priorisation basée sur les résultats de mesure dans l'air collectés par les AASQA entre 2011 et 2015 disponibles dans la base de données PhytAtmo.

L'application de cette démarche sur 1 316 substances considérées comme pesticides a conduit à la constitution d'une liste de 90 substances actives jugées prioritaires et hautement prioritaires à rechercher dans l'air ambiant.

2,4 D	Chlorpyrifos-méthyl	Ethion	Mancozebe	Propyzamide
2,4 DB	Clomazone	Ethoprophos	Manèbe	Prosulfocarbe
✓ Abamectine	Cymoxanil	✓ Etofenprox	Metamitrone	Pyrimethanil
Acetochlore	Cyperméthrine et zeta	✓ Fenarimole	Métazachlor	Pyrimicarbe
✓ Aldrine	cyperméthrine	Fenpropidine	Metiram	Quinmerac
Amitrole	Cyproconazole	Fipronil	Metribuzine	S-metolachlor
Bifenthrine	Cyprodinil	Fluazinam	✓ Mirex	Spiroxamine
Boscalid	Deltaméthrine	✓ Flumétraline	Myclobutanil	Tebuconazole
✓ Bromadiolone	Dicamba	✓ Fluopyram	Oryzalin	Tebuthiuron
Bromoxynil	✓ Dicloran	Folpel	Oxadiazon	Terbotrione
✓ Butralin	Dicofol	✓ ** Glufosinate	Oxyfluorène	Terbutryne
Carbetamide	Dieldrin	** Glyphosate	Pendiméthaline	Thirame
✓ Chlordane (cis, trans)	Difenoconazole	✓ Heptachlore	✓ Pentachlorophenol	Tolyfluanide
✓ Chlordécone	Diflufenican	Iprodione	Permethrine	Toxaphène
Chlormequat	Diméthénamid-p	Lambda-cyhalothrine	Phosmet	Triadiménol
Chlorothalonil	Diméthoate	Lenacil	Piclorame	Triallate
Chlorpropham	Diuron	Lindane	Piperonyl Butoxide	Trifloxystrobine
Chlorpyrifos	✓ Endrin	Linuron	Prochloraz	
	Epoxiconazole			

Liste des 90 substances actives jugées par l'ANSES comme prioritaires et hautement prioritaires à mesurer dans l'air ambiant

Parmi ces 90 substances actives, 10 substances (identifiées en rouge) ont été exclues de la liste de recherche compte tenu de leurs particularités chimiques nécessitant un développement analytique lourd et également des prélèvements dédiés. A noter que les substances appartenant à la famille des dithiocarbamates (Mancozebe, Manèbe, Métirame, Thirame) ne disposent pas d'une méthode d'analyse permettant de les séparer. Le dicamba, le quinmerac et le piclorame ne peuvent être traités analytiquement comme les autres substances compte tenu de leur forme chimique (sels), et nécessitent de ce fait de développements analytiques spécifiques supplémentaires. Ces développements sont prévus dans le cadre du futur programme de travail du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA).

Les 22 substances (mentionnées en bleu) disposent d'une méthode d'analyse, mais nécessitent la détermination de leur efficacité de piégeage dans les conditions de prélèvement retenues pour la campagne nationale, ce qui a été réalisé par le LCSQA en parallèle du déroulement de la campagne nationale. Les substances doublement étoilées ** (glyphosate et glufosinate) ont nécessité des tests de stabilité à température ambiante des échantillons prélevés, et de durée de stockage en congélateur. Ces tests ont été effectués par le LCSQA au préalable de la campagne nationale.

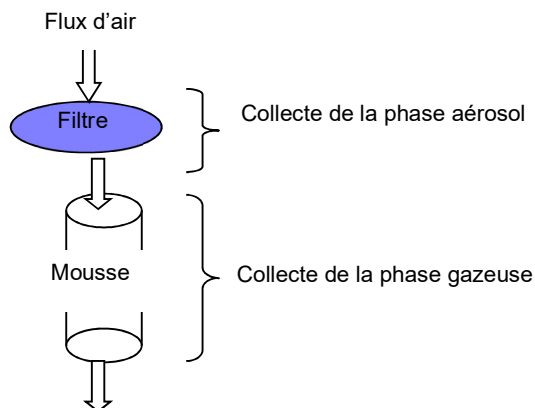
Au final, en tenant compte des résultats des tests métrologiques basés sur les critères de normes relative à l'analyse des pesticides dans l'air ambiant (AFNOR NF XPX 43-059) et sachant que les substances polaires (glyphosate, son dérivé l'AMPA et le glufosinate) qui nécessitent une collecte spécifique n'ont pas été sélectionnées, 76 substances ont été recherchées en Pays de la Loire. La liste de ces molécules, leur usage, les méthodes d'extraction, les rendements d'extraction, les limites de quantification exprimées en µg/l, ng piégé et ng/m³ (pour un prélèvement hebdomadaire de 168 m³) sont reportés dans le tableau suivant :

Molécule	usage-définition	substance interdite ou non utilisés dans les traitements agricoles en France au moment de la campagne nationale	substance autorisée en usage biocide au moment de la campagne nationale	Méthode d'extraction et d'analyse	RDT Filtre+Mousse %	CV %	n	LQ µg/L	LQ BV (1) ng piégé (168 m3)	LQ BV (1) ng/m3 (168 m3)
2,4 D (ester de 2-éthylhexyle)	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	95	13	25	2	5	0,03
2,4DB (ester de 2-éthylhexyle)	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	99	16	17	8	20	0,12
Abamectine	Insecticide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	97	22	10	16,5	165	0,98
Acétochlore	Herbicide	X		1 - ASE/GCMSMS	81	14	34	4	10	0,06
Aldrine	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	69	29	20	4	10	0,06
Bifenthrine	Insecticide	X	X	1 - ASE/GCMSMS	93	12	19	2	5	0,03
Boscalid	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	98	15	32	2,5	25	0,15
Bromoxynil octanoate	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	87	13	16	8	20	0,12
Butraline	Herbicide	X		1 - ASE/GCMSMS	83	13	20	10	25	0,15
Carbétamide	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	93	12	17	2,5	25	0,15
Chlordane (cis+ trans)	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	68	20	16	40	100	0,60
Chlordécone	Insecticide	X		1 - ASE/LCMSMS ESI +	84	15	20	2,5	25	0,15
Chlorothalonil	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	73	23	28	8	40	0,24
Chlorprophame	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	93	21	28	10	25	0,15
Chlorpyrifos éthyl	Insecticide			1 - ASE/GCMSMS	88	16	35	4	10	0,06
Chlorpyrifos méthyl	Insecticide			1 - ASE/GCMSMS	85	19	27	8	20	0,12
Clomazone	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	83	22	32	2,5	25	0,15
Cymoxanil	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	118	90	31	2,5	25	0,15
Cyperméthrine (alpha+beta+theta+zeta)	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	110	23	22	16	40	0,24
Cyproconazole	Fongicide		X	1 - ASE/LCMSMS ESI +	109	17	26	2,5	25	0,15
Cyprodinil	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	96	13	24	4	10	0,06
Deltaméthrine	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	97	14	23	8	20	0,12
Dicloran (= 2,6-Dichloro-4-nitroaniline)	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	87	14	20	10	25	0,15
Dicofol	Accaricide	X		1 - ASE/GCMSMS	120	16	22	20	50	0,30
Dieldrine	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	93	16	17	20	50	0,30
Difénoconazole	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	102	15	31	2,5	25	0,15
Diflufenicanil	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	101	21	23	2	5	0,03
Diméthénamide (dont diméthénamide-p)	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	83	18	31	2,5	25	0,15
Diméthoate	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	100	21	21	20	50	0,30
Diuron	Herbicide	X	X	1 - ASE/LCMSMS ESI +	90	22	20	2,5	25	0,15
Endrine	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	98	20	20	40	100	0,60
Epoxiconazole	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	103	15	31	2,5	25	0,15
Ethion	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	101	17	21	4	10	0,06
Ethoprophos	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	88	19	24	8	20	0,12
Etofenprox	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	90	8	20	4	10	0,06
Fénarimol	Fongicide	X		1 - ASE/GCMSMS	88	17	24	4	10	0,06
Fenpropidine	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	82	36	30	2,5	25	0,15
Fipronil	Insecticide	X	X	1 - ASE/GCMSMS	88	20	13	8	20	0,12
Fluzinam	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI -	88	24	17	2,5	25	0,15
Flumétraline	Herbicide	X		1 - ASE/GCMSMS	86	13	14	8	20	0,12
Fluopyram	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	87	9	20	2,5	25	0,15
Folpet (= folpel)	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	100	28	33	12	30	0,18
Heptachlore	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	83	17	20	4	10	0,06
Iprodione	Fongicide	X		1 - ASE/GCMSMS	101	14	23	10	25	0,15
Lambda cyhalothrine	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	114	19	30	4	10	0,06
Lenacil	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	114	15	22	8	20	0,12
Lindane	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	85	15	27	2	5	0,03
Linuron	Herbicide	X		1 - ASE/LCMSMS ESI +	93	18	20	2,5	25	0,15
Métamitron	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	79	18	31	2,5	25	0,15
Metazachlore	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	93	9	20	5	12,5	0,07
Métolachlore (dont S-Métolachlore)	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	85	14	26	2	5	0,03
Metribuzine	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	91	18	17	4	10	0,06
Mirex	Insecticide	X		1 - ASE/GCMSMS	96	6	20	4	10	0,06
Myclobutanil	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	94	17	18	8	20	0,12
Oryzalin	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	90	16	22	2,5	25	0,15
Oxadiazon	Herbicide	X		1 - ASE/GCMSMS	101	21	31	2	5	0,03
Oxyfluorfen	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	91	14	20	2,5	25	0,15
Pendiméthaline	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	91	23	31	4	10	0,06
Pentachlorophenol (forme phénol)	Insecticide	X		1 - ASE/LCMSMS ESI -	76	27	20	2,5	25	0,15
Permethrine	Insecticide	X	X	1 - ASE/GCMSMS	100	11	16	8	20	0,12
Phosmet	Insecticide			1 - ASE/GCMSMS	91	21	21	8	20	0,12
Pipéronyl butoxide (= PBO)	Insecticide		X	1 - ASE/GCMSMS	97	16	25	4	10	0,06
Prochloraz	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	99	13	17	2,5	25	0,15
Propyzamide	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	89	11	23	4	10	0,06
Prosulfocarbe	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	80	17	28	2,5	25	0,15
Pyrimethanil	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	86	13	31	4	10	0,06
Pyrimicarbe	Insecticide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	82	8	20	2,5	25	0,15
Spiroxamine	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	63	53	40	2,5	25	0,15
Tébuconazole	Fongicide		X	1 - ASE/LCMSMS ESI +	102	19	31	2,5	25	0,15
Tébutiuron	Herbicide	X		1 - ASE/LCMSMS ESI +	93	10	17	2,5	25	0,15
Tembotrione	Herbicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	78	30	16	2,5	25	0,15
Terbutiurine	Herbicide	X	X	1 - ASE/LCMSMS ESI +	91	11	17	2,5	25	0,15
Tolyfluanide	Fongicide	X		1 - ASE/GCMSMS	89	14	23	8	20	0,12
Triadiménol	Fongicide			1 - ASE/LCMSMS ESI +	98	12	21	2,5	25	0,15
Triallate	Herbicide			1 - ASE/GCMSMS	78	22	23	4	10	0,06
Trifloxystrobine	Fongicide			1 - ASE/GCMSMS	110	18	24	8	20	0,12

RDT : Rendement d'extraction ou taux de récupération
CV : Coefficient de variation
n : population
LQ : Limite de quantification
LCMSMS : chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie double masse
GCMSMS : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
ESI : infusion electro spray
ASE : Extraction accélérée par solvant
F+M : filtre + mousse polyuréthane
BV : Bas volume
HV : Bas volume

(1) : non corrigé du RDT
CV > 30 %

Technique de collecte et d'analyse



Afin d'appréhender la totalité des produits phytosanitaires présents dans l'atmosphère, le dispositif de collecte prélève pour chaque échantillon les particules inférieures à 10 µm (PM10) et la phase gazeuse (adsorption sur mousses de polyuréthane). Le principe de collecte est présenté dans la figure suivante. Ce système de collecte est conforme aux préconisations de l'ANSES notamment pour la prise en compte des PM10 qui permet d'évaluer la fraction des particules inhalées. Il fait l'objet d'une normalisation par l'AFNOR (NF XPX 43-058).

Principe de collecte des pesticides dans l'air

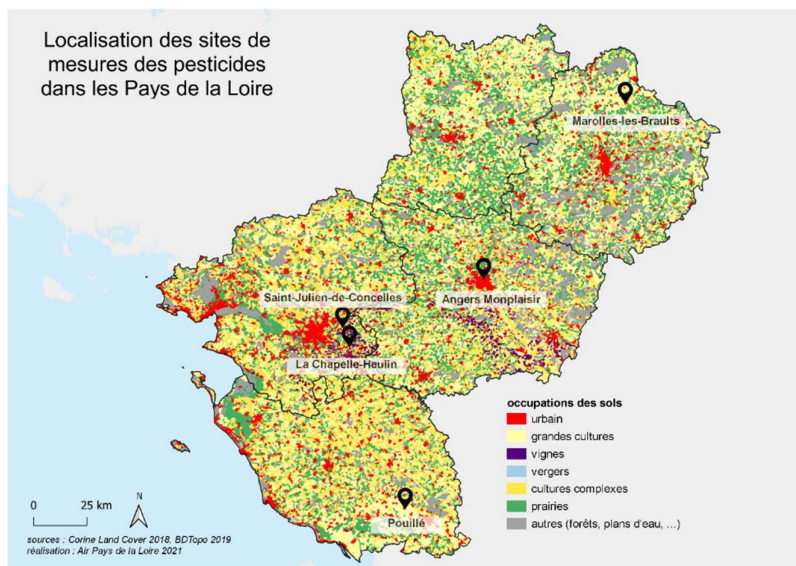


Après un prélèvement de 7 jours à l'aide d'un collecteur moyen débit (partisol 1 m³/h ; cf. photo suivante), l'échantillon est envoyé en laboratoire (IANESCO Chimie) pour extraction et analyse selon la norme AFNOR (ISO XPX 43-059). L'extraction est commune pour le filtre et la mousse de chaque prélèvement. De ce fait, la concentration mesurée pour chaque molécule correspond à la teneur moyenne sur 7 jours sans distinction des phases particulaires et gazeuses.

Collecteur moyen débit

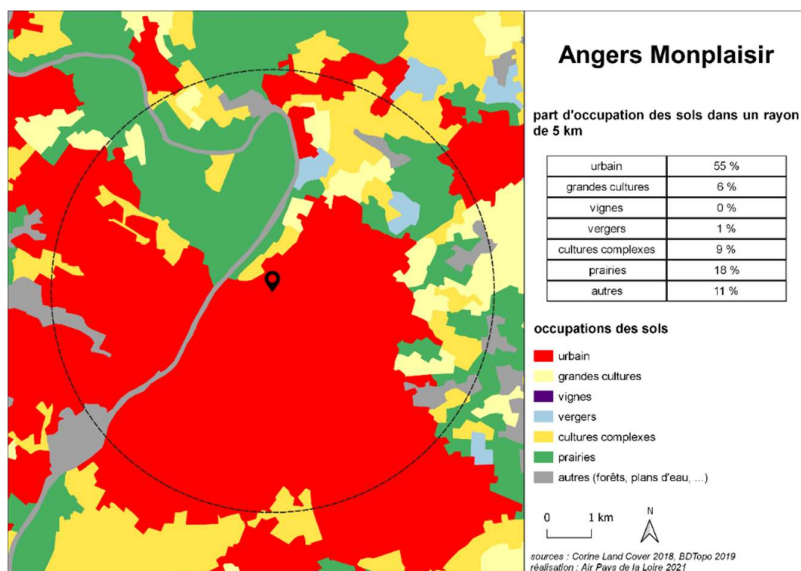
Localisation des sites de mesure

Le suivi régional des pesticides dans l'air a été initié lors de la campagne nationale sur 3 sites (Angers - Monplaisir, Saint-Julien-de-Concelles et Pouillé). Ces sites ont été sélectionnés par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air sur proposition d'Air Pays de la Loire en considérant, à l'échelle de la Métropole, leur localisation géographique et leur typologie. Le dispositif a ensuite été densifié par deux autres sites, Marolles-les-Braults, en zone de polyculture-élevage dans le nord de la Région puis la Chapelle-Heulin en zone viticole.



L'objectif étant d'appréhender l'exposition de la population générale à la présence de pesticides dans l'air, les sites de mesure devaient être localisés en zones habitées à une distance minimale de 200 m de la parcelle traitée la plus proche.

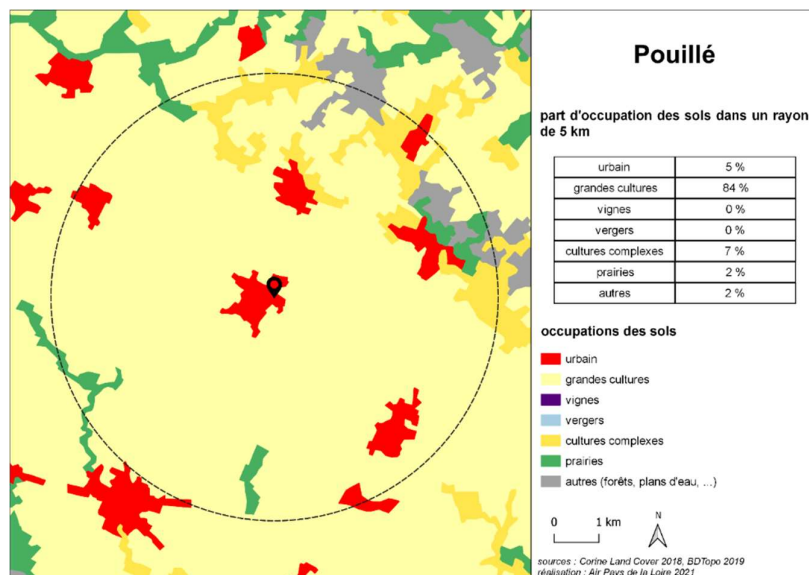
Les cartes suivantes font un focus sur l'occupation des sols sur chaque site dans l'environnement proche (rayon de 5 km).



Le site d'Angers a été installé au niveau de l'école Paul Valéry dans le quartier Monplaisir dans le nord de la commune présentant une forte densité de population.

L'environnement proche se caractérise par un tissu urbain prépondérant. Ce site avait déjà été mis en œuvre en 2007. Un impact faible mais visible des traitements arboricoles et viticoles sur le quartier Monplaisir avait alors été mis en évidence.

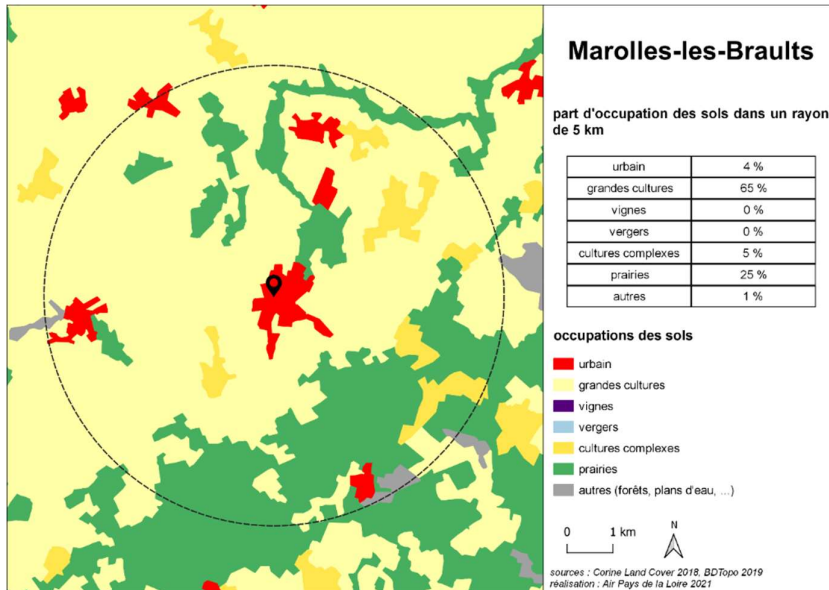
En 2019, les 76 molécules analysées représentaient 26 % de la totalité des substances vendues dans le secteur et 43 % si l'on exclut les substances non analysables selon les normes comme, le glyphosate, le soufre, l'huile de vaseline, le fosetyl-aluminium, le mancozebe, l'hydroxyde de cuivre qui sont largement vendues dans le secteur d'Angers.



Le collecteur a été installé au niveau de l'espace vert de la résidence des Tournesols dans le bourg de Pouillé.

Son environnement proche se caractérise par une large présence de grandes cultures qui représente plus de 80 % de l'occupation des sols.

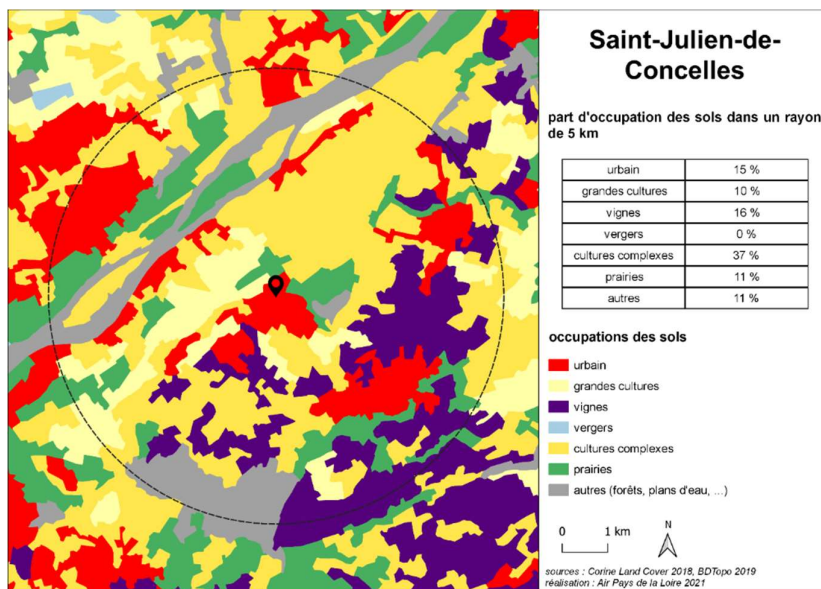
Les 76 molécules analysées représentent 45 % de la totalité des substances vendues dans le secteur de Pouillé en 2019 et 63 % si l'on ne tient pas compte des substances non analysables selon les normes comme, le glyphosate, le mancozebe, le soufre et l'huile de vaseline, qui sont largement vendues dans le secteur.



Le collecteur a été installé au niveau de l'espace vert place Coutard dans le bourg de Marolles-les-Braults.

L'environnement proche du site se définit par une majorité de grandes cultures particulièrement au nord et la présence, dans une moindre mesure, de prairies au sud.

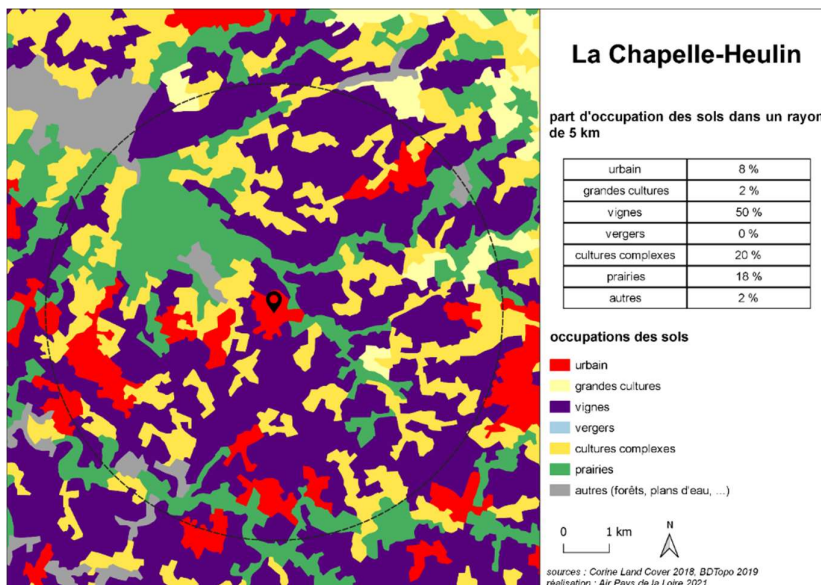
Les 76 molécules analysées représentent 41 % de la totalité des substances vendues dans le secteur de Marolles-les-Braults et 56 % si l'on ne tient pas compte des substances non analysables selon les normes comme le glyphosate, le soufre, qui sont largement vendues dans le secteur.



Le préleveur a été installé sur un emplacement situé au niveau de l'espace vert en arrière de la chaufferie centrale bois, rue de basse rivière.

L'environnement proche se caractérise par la présence de « cultures complexes » au sens de Corinne Land Cover qui intègre le maraîchage.

Il est à noter la présence également de vignes notamment au sud du site. Les 76 molécules analysées représentent 8 % de la totalité des molécules vendues dans le secteur de Saint-Julien-de-Concelles en 2019 et 32 % si l'on ne tient pas compte des substances non analysables selon les normes comme, le soufre, le fosetyl-aluminium, le glyphosate, le métirame, le mancozebe, le cuivre sous ses différentes forme, l'huile de vaseline, le kaolin, qui sont largement vendues dans le secteur.



Le préleveur a été installé au niveau d'un emplacement situé dans l'ancien jardin du locatif de la poste, place Jean Beauquin en centre-bourg.

Son environnement proche se caractérise par une forte présence de vignes.

Les 76 molécules analysées représentent 6 % de la totalité des molécules vendues dans le secteur de la Chapelle-Heulin en 2019 et 27 % si l'on ne tient pas compte des substances non analysables selon les normes comme, le soufre, le fosetyl-aluminium, le glyphosate, le métirame, le cuivre sous ses différentes formes, l'huile de vaseline, le kaolin, qui sont largement vendues dans le secteur.

Les périodes de mesure

Date de début de mesure

La campagne de mesure nationale a débuté mi-juin 2018 sur trois sites (Angers-Monplaisir, Pouillé, Saint-Julien-de-Concelles). Le suivi s'est ensuite poursuivi sur ces trois sites en intégrant le site de Marolles-les-Braults à partir de juillet 2019 puis le site de la Chapelle-Heulin à partir de mai 2020.

Le tableau suivant récapitule les dates de début de mesure en fonction des sites considérés :

Sites de mesure	Date de début des mesures
Angers-Monplaisir	25/06/2018
Pouillé	25/06/2018
Saint-Julien-de-Concelles	25/06/2018
Marolles-les-Braults	01/07/2019
La Chapelle-Heulin	12/05/2020

Stratégie temporelle

La stratégie temporelle d'échantillonnage a suivi la recommandation de l'Anses de réaliser les prélèvements sur l'ensemble de l'année avec la possibilité de modifier la fréquence de prélèvement en fonction des périodes de l'année et notamment lors des périodes de traitements, périodes propices à la présence de pesticides dans l'air.

La couverture temporelle des différents profils agricoles « grandes cultures », « viticulture » et « arboriculture » a été définie de manière distincte et en cohérence avec les périodes de traitement identifiées sur la base des niveaux de concentrations historiques disponibles dans la base de données PhytAtmo des AASQA (2012-2015).

Lors de la poursuite de la campagne nationale, la couverture temporelle mise en œuvre sur le site de Saint-Julien-de-Concelles a été densifiée au printemps et en été pour tenir compte de l'influence des traitements viticoles. Les prélèvements réalisés à partir de juillet 2021 sur le site d'Angers ont été intégrés et financés dans le cadre de la surveillance nationale. La stratégie d'échantillonnage sur ce site a donc été modifiée à partir de cette date pour tenir compte de la nouvelle stratégie préconisée au niveau nationale. Dans la mesure du possible, les mesures ont été synchronisées entre les différents sites pour une meilleure comparaison inter site et rationaliser les temps d'intervention sur le terrain.

De façon globale :

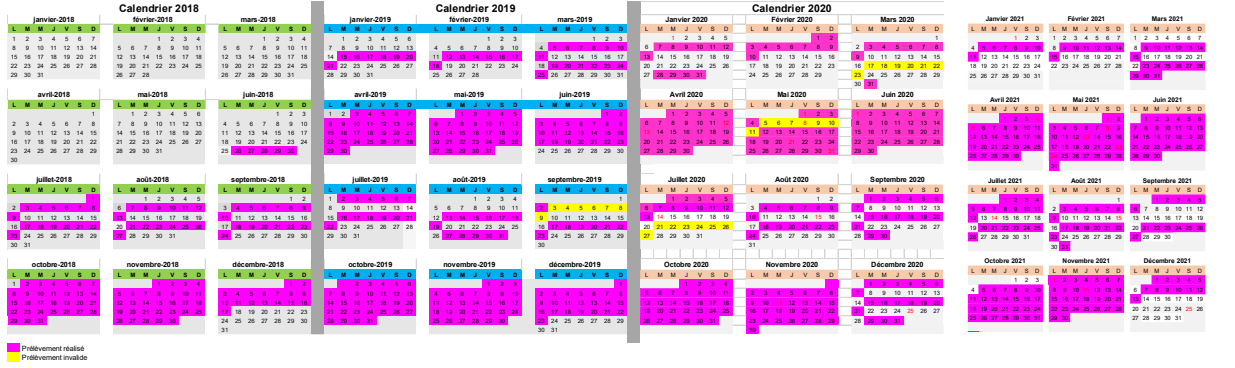
- Sur les sites de Pouillé et Marolles-les-Braults de profil « grandes cultures », des mesures en continu ont été réalisées d'avril à juin et d'octobre à décembre et des mesures plus échelonnées de juillet à septembre et de janvier à mars,
- Sur le site d'Angers, des mesures en continu ont été réalisées de mars à août et des mesures plus échelonnées d'octobre à décembre et de janvier-février hormis durant l'automne 2021 où les prélèvements ont été plus nombreux pour tenir compte de la nouvelle stratégie nationale,
- Sur le site de la Chapelle-Heulin, des mesures en continu ont été mises en œuvre de mai à août et des mesures plus échelonnées de septembre à décembre,
- Sur le site de Saint-Julien-de-Concelles, des mesures en continu d'avril à août et des mesures plus échelonnées le reste de l'année,
- Les prélèvements invalidés sont dus à des dysfonctionnements des collecteurs. Les taux de validités des données sont toutefois restés supérieurs à 80 %.

Les calendriers suivants présentent pour chaque site de mesure les périodes de prélèvement.

Angers Monplaisir



Pouillé



Marolles-les-Braults



Saint-Julien-de-Concelles

Calendrier 2018			Calendrier 2019			Calendrier 2020		
Janvier 2018	Février 2018	Mars 2018	Janvier 2019	Février 2019	Mars 2019	Janvier 2020	Février 2020	Mars 2020
L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
avril 2018	mai 2018	juin 2018	avril 2019	Mai 2019	Juin 2019	avril 2020	Mai 2020	Juin 2020
juillet 2018	août 2018	septembre 2018	Juillet 2019	Août 2019	Septembre 2019	Juillet 2020	Août 2020	Septembre 2020
octobre 2018	novembre 2018	décembre 2018	Octobre 2019	Novembre 2019	Décembre 2019	Octobre 2020	Novembre 2020	Décembre 2020

 prélevement raboté
 prélevement insalubre

La Chapelle-Heulin

Calendrier 2018			Calendrier 2019			Calendrier 2020		
Janvier 2018	Février 2018	Mars 2018	Janvier 2019	Février 2019	Mars 2019	Janvier 2020	Février 2020	Mars 2020
L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	L M M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
avril 2018	mai 2018	juin 2018	avril 2019	Mai 2019	Juin 2019	avril 2020	Mai 2020	Juin 2020
juillet 2018	août 2018	septembre 2018	Juillet 2019	Août 2019	Septembre 2019	Juillet 2020	Août 2020	Septembre 2020
octobre 2018	novembre 2018	décembre 2018	Octobre 2019	Novembre 2019	Décembre 2019	Octobre 2020	Novembre 2020	Décembre 2020

 prélevement raboté
 prélevement insalubre

Les résultats 2018 à 2021

La présente étude aborde successivement :

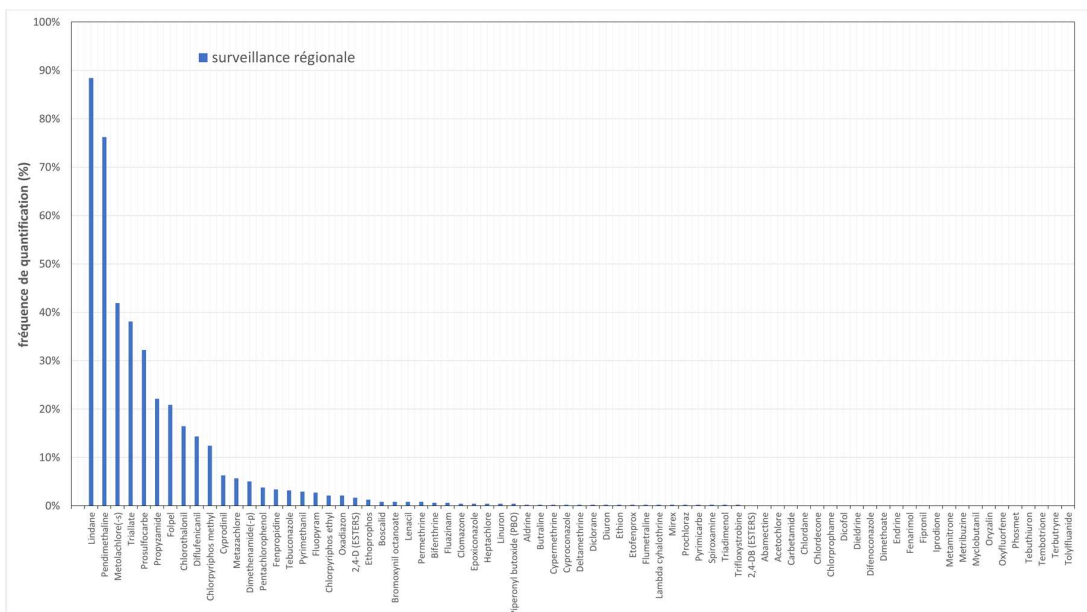
- Les molécules quantifiées et les concentrations moyennes rencontrées,
- La contribution des différents types de pesticides et des différentes substances actives à la concentration totale en pesticides,
- Une comparaison intersites,
- L'évolution temporelle des différents types de pesticides au sein de l'année et de façon interannuelle,
- Un focus sur certaines molécules.

Les molécules quantifiées et les concentrations moyennes rencontrées

Cette analyse vise à étudier la présence des différentes molécules en fonction de leurs fréquences de quantification et des niveaux rencontrés tous sites confondus.

NB : la fréquence de quantification d'une molécule correspond au nombre de semaines où une concentration supérieure à la limite de quantification est mesurée, rapporté au nombre total de prélèvements effectués.

Fréquence de quantification



Fréquence de quantification des 76 molécules tous sites confondus

Sur les 76 substances actives recherchées, 50 ont été quantifiées au moins une fois. La fréquence de quantification est très variable d'une substance à l'autre. On peut distinguer des molécules fréquemment détectées (fréquences supérieures à 30 %). Ce sont le lindane, la pendiméthaline, le s-métolachlore, le triallate et le prosulfocarbe. Le lindane a été quantifié dans près de 90 % des échantillons.

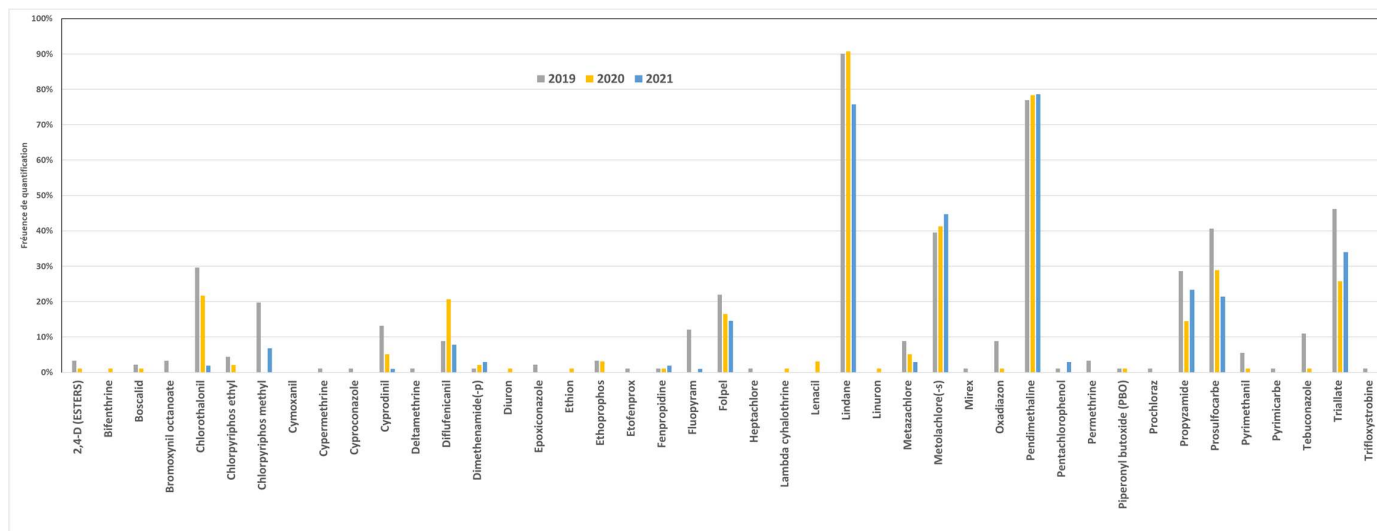
Le chlorothalonil, le chlorpyrifos méthyl, le diflufenicanil, le folpel et le propylamide ont été quantifiés moins fréquemment (fréquence de quantification comprise entre 10 % et 30 %).

Les autres molécules ont été quantifiées dans des proportions plus faibles inférieures à 10 %.

D'une façon globale, cette hiérarchisation est conforme à celle enregistrée sur l'ensemble du territoire métropolitain lors de la campagne nationale exploratoire³.

Grâce au suivi réalisé depuis 2018, nous pouvons étudier l'évolution interannuelle de la fréquence de quantification des différentes molécules analysées qui peut rendre compte d'éventuelles baisses/ arrêt dans l'utilisation de certaines molécules. Dans ce cadre, nous considérerons les mesures réalisées durant une année entière soit celles réalisées sur les sites de Saint-Julien-de-Concelles, Angers et Pouillé de 2019 à 2021.

Le graphique suivant montre la fréquence de quantification des différentes substances actives respectivement en 2019, 2020 et 2021 sur les trois sites pris dans leur globalité.



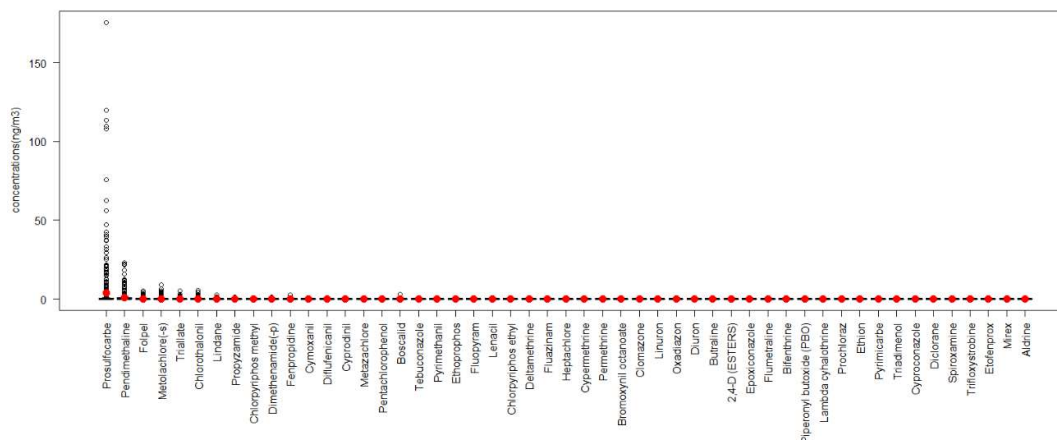
Pour le lindane, la pendiméthaline, le s-métolachlore, le triallate, propyzamide aucune tendance dans la fréquence interannuelle de quantification n'est observable.

En revanche pour certaines molécules nous observons une baisse dans la fréquence de quantification.

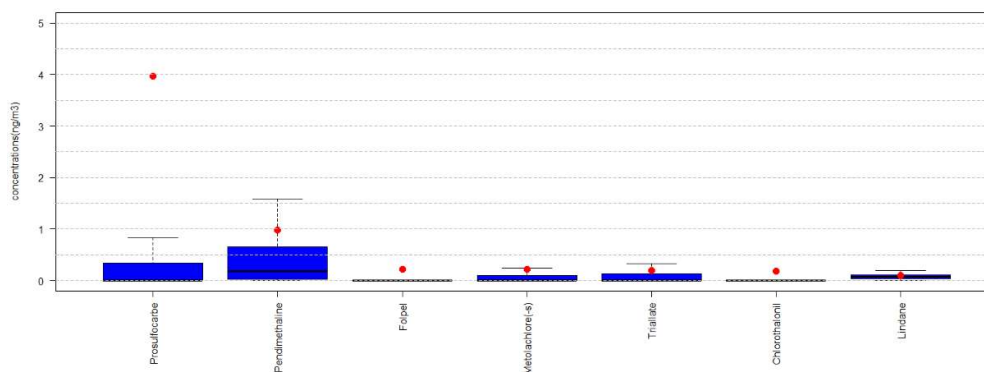
- Le chlorothalonil (fongicide utilisé sur de nombreuses cultures : blé, seigle, tomate, orge, pommes de terre...) qui était quantifié dans plus de 20 % des prélèvements en 2019 et 2020 ne l'est quasiment plus en 2021. Toutes les spécialités contenant du chlorothalonil ne sont plus vendues, ni distribuées à partir de février 2020. Leur utilisation restait possible jusqu'au 20 mai 2020,
- Le cyprodinil (fongicide) a vu sa fréquence de quantification chuté entre 2019 (fréquence de quantification de 13 %) à 5 % en 2020 et moins de 1 % en 2021. Cette baisse suggère une diminution continue de sa fréquence d'utilisation,
- Le tebuconazole peu quantifié en 2019 (9 %) ne l'est quasiment plus en 2020 et 2021,
- Le chlorpyrifos methyl a également vu sa fréquence de quantification baisser de 20 % en 2019 à moins de 3 % en 2021. Après une forte réduction du nombre de cultures-cibles au niveau national le 5 décembre 2018, la substance a perdu son autorisation comme substance active phytosanitaire le 31 janvier 2020 au niveau européen,
- Le prosulfocarbe, herbicide de grandes cultures, semble avoir été moins fréquemment utilisé entre 2019 et 2021 car sa fréquence de quantification dans l'air a régulièrement diminué durant ces 3 années (40 % en 2019, 29 % en 2020 et 21 % en 2021). Cette baisse est particulièrement visible sur le site de grandes cultures de Pouillé (68 % en 2019, 53 % en 2020 et 31 % en 2021). Depuis octobre 2018, afin de limiter la contamination des cultures non cibles pour les applications d'automne, l'ANSES a durci les règles d'utilisation de cet herbicide.

³ MARLIÈRE, LETINOIS et SALOMON : résultats de la Campagne Nationale Exploratoire de mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (2018-2019), juin 2010

Les deux graphiques suivants montrent, pour chaque substance active, plusieurs éléments statistiques (moyenne, médiane valeurs extrêmes, variabilité) regroupées dans des « boîtes à moustaches » ou boxplot (pour la définition de ce type de représentation se référer à l'annexe 4). Afin de mieux visualiser les moyennes notamment, l'échelle du second graphique a été adaptée et se focalise sur les molécules présentant une concentration moyenne supérieure à 0.1 ng/m³.



Boxplots des concentrations hebdomadaires tous sites confondus



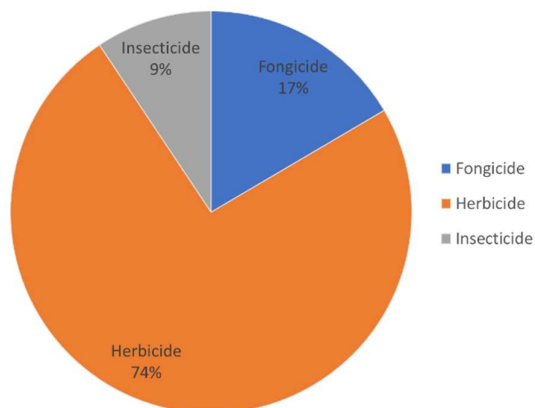
Boxplots des concentrations hebdomadaires tous sites confondus des molécules présentant une moyenne supérieure à 0.1 ng/m³ sans représentation des valeurs extrêmes

La fréquence de quantification n'est pas systématiquement liée à la concentration moyenne mesurée. Pour exemple, le lindane bien que très fréquemment quantifié, présente une concentration moyenne tous sites confondus d'environ 0,1 ng/m³ ; en d'autres termes, cette molécule a été fréquemment quantifiée à de faibles concentrations. Le prosulfocarbe présente la concentration moyenne la plus élevée (3,8 ng/m³) et les valeurs extrêmes les plus élevées (maximum de 175 ng/m³). Bien que plus fréquemment quantifiée, la pendiméthaline présente une concentration moyenne de 0.9 ng/m³ et un maximum ne dépassant pas 25 ng/m³. Ces deux molécules sont les deux seules présentant des concentrations moyennes proches ou supérieures à 1 ng/m³ durant la totalité du suivi et sur l'ensemble des sites. Les autres molécules présentent des concentrations moyennes inférieures à 0,3 ng/m³. La pendiméthaline, le prosulfocarbe, le triallate et le s-métolachlore sont les 4 molécules qui présentent les plus grandes variabilités (cf. annexe 4) dans les concentrations hebdomadaires mesurées.

Contribution des différentes familles de pesticides à la concentration totale

Les graphiques suivants montrent pour chaque site de mesure la contribution des différentes familles de pesticides (fongicides, insecticides, herbicides) à la concentration totale et la contribution de chaque molécule à la concentration totale des molécules étudiées.

Angers Monplaisir

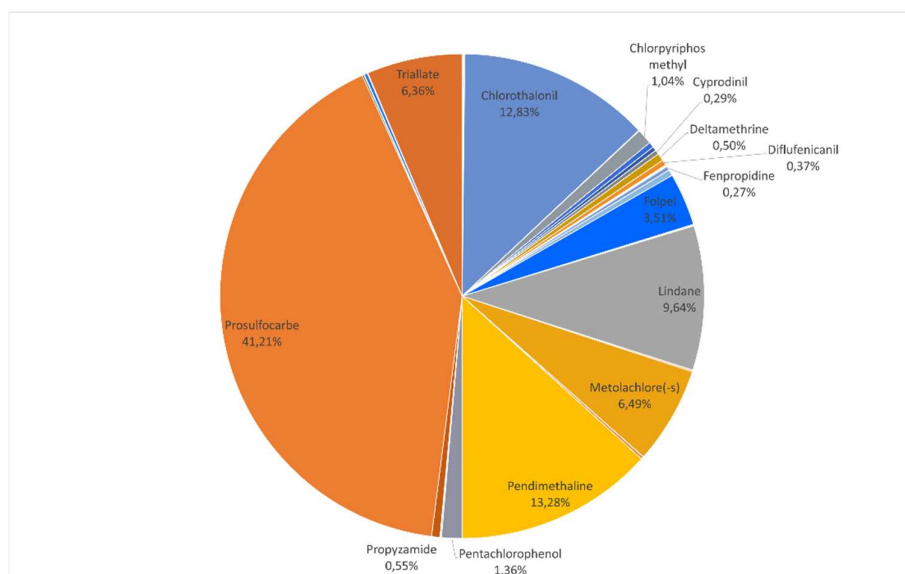


Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site d'Angers

À Angers, nous constatons une prédominance des herbicides dans l'air ambiant. Les fongicides représentent 17 % de la concentration totale tandis que les insecticides représentent moins de 10 %.

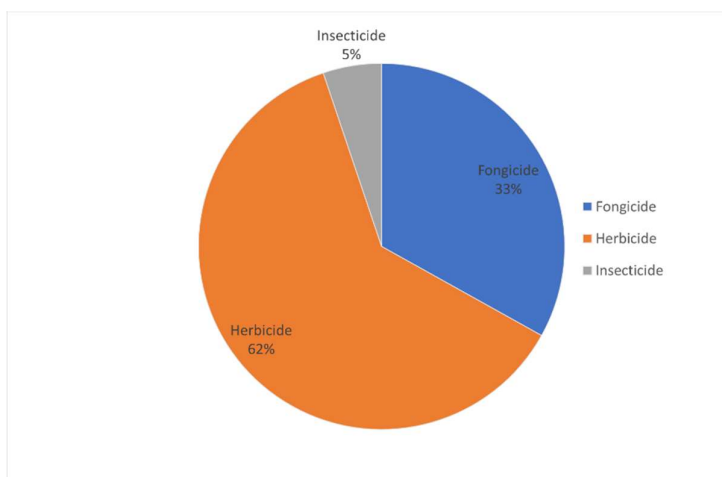
Concernant les molécules prépondérantes, nous retrouvons 2 herbicides de grandes cultures (prosulfocarbe et pendiméthaline) et 1 fongicide à large spectre utilisé en grandes cultures, culture légumière (chlorothalonil).

Il est intéressant de noter que, parmi les molécules recherchées, le prosulfocarbe est la molécule la plus vendue dans le secteur d'Angers (source BNVD 2018-2019). La pendiméthaline et le chlorothalonil font également parties, parmi les molécules analysées, des 6 molécules les plus vendues. Le s-métolachlore est la seconde molécule parmi les substances actives analysées la plus vendue dans le secteur d'Angers.

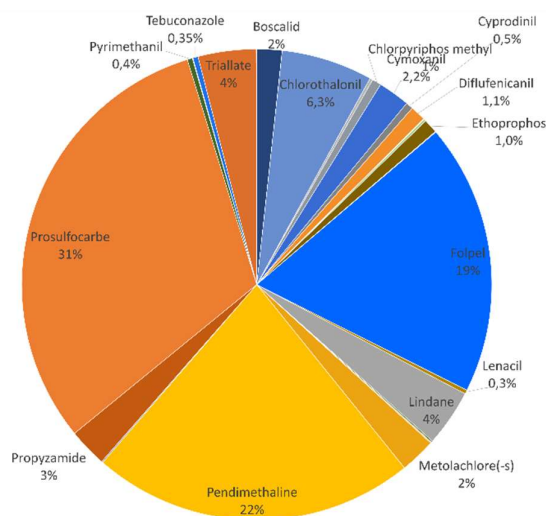


Contribution des pesticides à la concentration totale sur le site d'Angers (les teintes de couleurs représentées sont en relation avec le type d'action soit teintes d'orange pour les herbicides ; bleues pour les fongicides, grises pour les insecticides)

À Saint-Julien-de-Concelles



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de Saint-Julien-de-Concelles



Contribution des pesticides à la concentration totale sur le site de Saint-Julien-de-Concelles (les teintes de couleurs représentées sont en relation avec le type d'action soit teintes d'orange pour les herbicides ; bleues pour les fongicides, grises pour les insecticides)

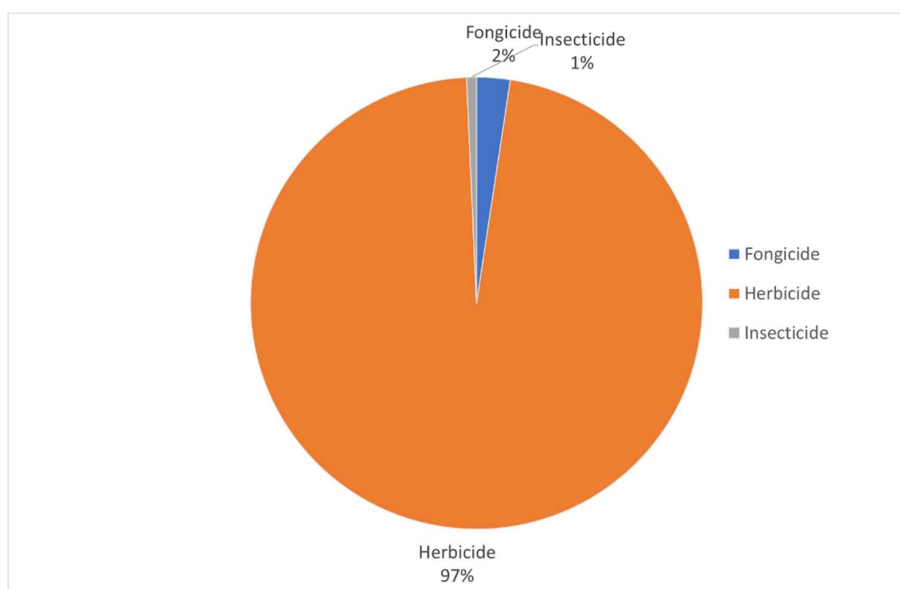
Sur le site de Saint-Julien-de-Concelles, nous retrouvons une répartition plus équilibrée entre les herbicides qui sont majoritaires et les fongicides. Les insecticides demeurent très minoritaires.

En termes de molécules détectées, sur le site de Saint-Julien-de-Concelles nous retrouvons également le prosulfocarbe et la pendiméthaline comme molécules majoritaires. Le folpel (fongicide anti-mildiou utilisé en vigne) représente plus de 15 % de la concentration totale. Les traitements des vignes situées à proximité du site de mesure permettent d'expliquer l'importance de cette molécule dans l'air de Saint-Julien-de-Concelles. Les études réalisées par Air Pays de la Loire dans le vignoble Nantais et en Anjou au printemps et l'été ont notamment montré une prépondérance du folpel dans l'air⁴.

Parmi les molécules étudiées, les 4 substances actives les plus vendues dans le secteur de Saint-Julien-de-Concelles sont par ordre décroissant, le folpel, le prosulfocarbe, le chlorothalonil et la pendiméthaline. Ce sont ces molécules qui sont les plus présentes dans l'air.

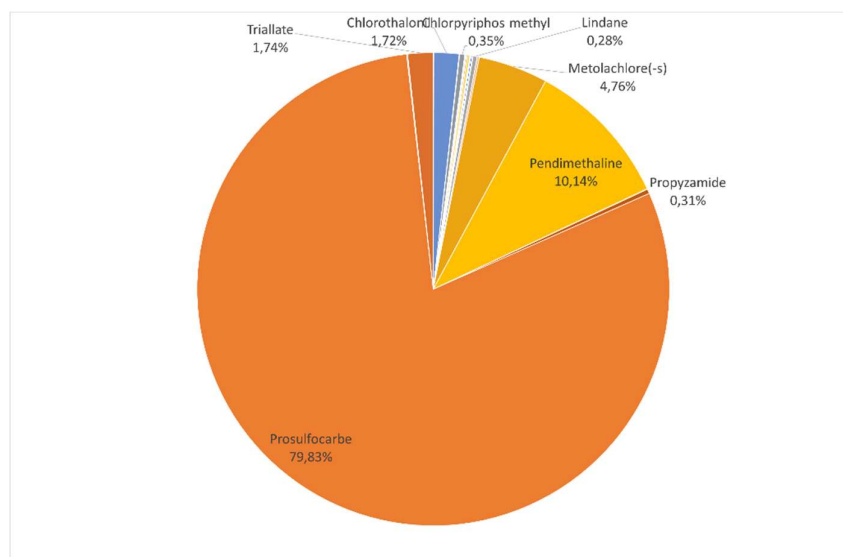
4 <http://www.airpl.org/Publications/rapports/20-03-2020-mesures-de-produits-phytosanitaires-dans-l-air-du-vignoble-nantais-resultats-2019>
<http://www.airpl.org/Publications/rapports/10-09-2019-mesures-de-produits-phytosanitaires-dans-l-air-du-vignoble-nantais-resultats-2018>
<http://www.airpl.org/Publications/rapports/30-07-2018-mesures-de-produits-phytosanitaires-dans-l-air-du-vignoble-nantais>
<http://www.airpl.org/Publications/rapports/31-12-2006-mesures-de-phytosanitaires-dans-l-air-du-vignoble-d-Anjou-campagne-de-mesure-ete-2006>
<http://www.airpl.org/Publications/rapports/mardi-09-aout-2005-mesure-de-produits-phytosanitaires-en-zones-viticoles-et-urbaines-de-Loire-Atlantique-2-2>

À Pouillé



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de Pouillé

A Pouillé, les herbicides représentent presque la totalité des pesticides présents dans l'air, les fongicides représentent à peine 3 % et les insecticides moins de 1 %. Parmi les herbicides (cf. graphique suivant) nous retrouvons le prosulfocarbe qui représente près de 80 % de la concentration totale puis la pendiméthaline (10 %) et le s-métolachlore (près de 5 %). Ces 3 herbicides de grandes cultures représentent près de 95 % de la contribution totale en pesticides dans l'air de Pouillé.



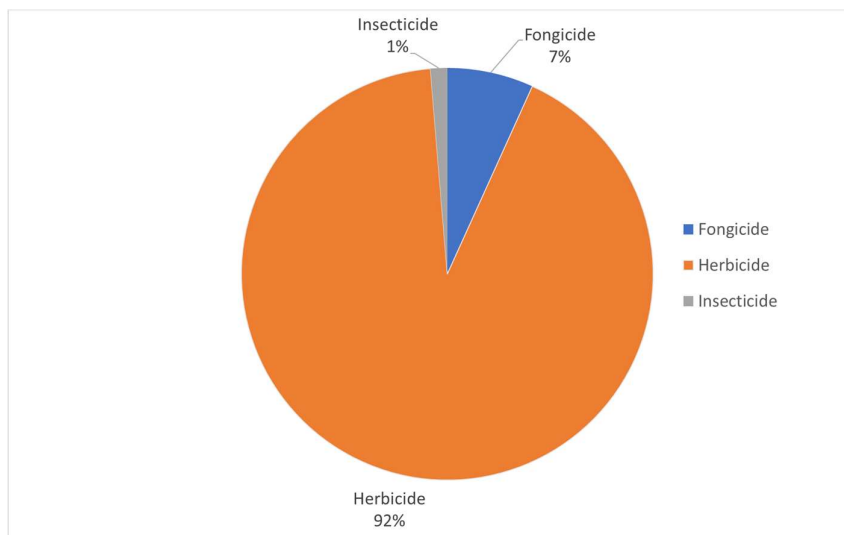
Contribution des pesticides à la concentration totale sur le site de Pouillé (les teintes de couleurs représentées sont en relation avec le type d'action soit teintes d'orange pour les herbicides ; bleues pour les fongicides, grises pour les insecticides)

Parmi les molécules étudiées, ces 3 molécules sont les plus vendues dans le secteur de Pouillé en 2018 et 2019 (source BNVD).

Le chlorothalonil est la quatrième molécule la plus vendue en 2018 et 2019 ; elle représente près de 2 % de la concentration totale des molécules étudiées.

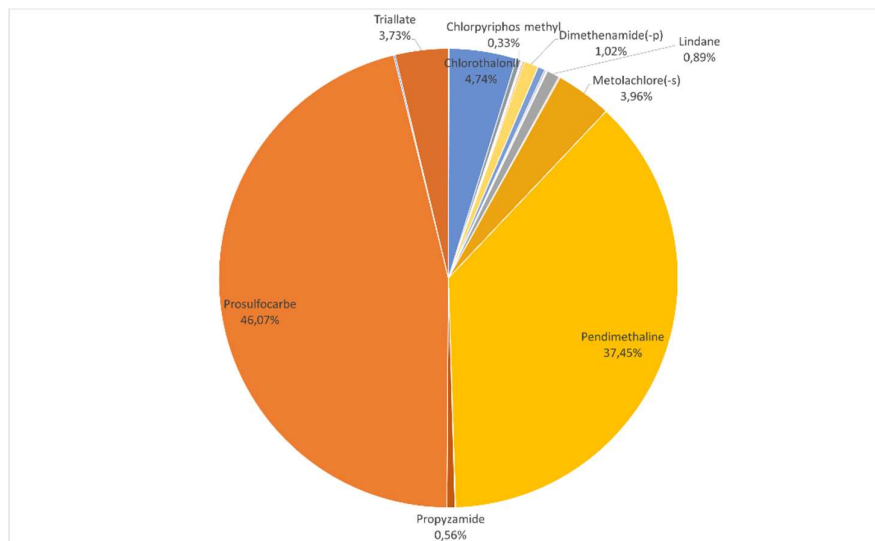
À Marolles-les-Braults

Contrairement aux 3 précédents sites de mesure où les mesures ont débuté en juin 2018, les mesures à Marolles-les-Braults ont débuté un an plus tard. La comparaison des résultats enregistrés à Marolles-les-Braults avec les sites de Pouillé, Saint-Julien-de-Concelles et Angers doit de ce fait être menée avec précaution.



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de Marolles-les-Braults

Sur le site de Marolles-les-Braults, les herbicides sont très majoritaires dans l'air, les fongicides représentant 7 % et les insecticides moins de 1 %. Nous retrouvons les mêmes types de proportions que sur l'autre site de grandes cultures suivi (Pouillé).

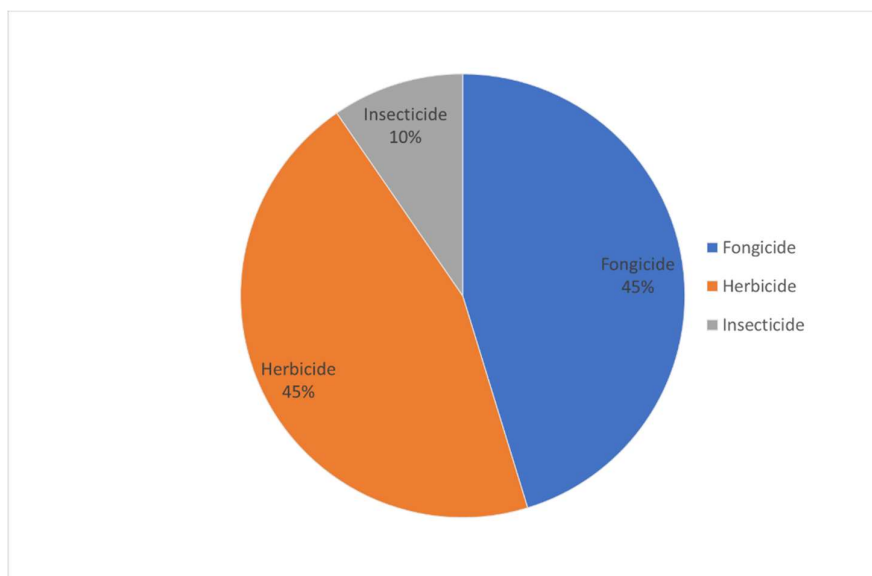


Contribution des pesticides à la concentration totale sur le site de Marolles-les-Braults (les teintes de couleurs représentées sont en relation avec le type d'action soit teintes d'orange pour les herbicides ; bleues pour les fongicides, grises pour les insecticides)

Le prosulfocarbe et la pendiméthaline représentent plus de 80 % de la concentration totale. Parmi les molécules analysées, ces 2 molécules font partie des 3 substances actives les plus vendues dans le secteur de Marolles-les-Braults en 2018 et 2019. Le s-métolachlore et le chlorothalonil font également partie des 6 molécules les plus vendues.

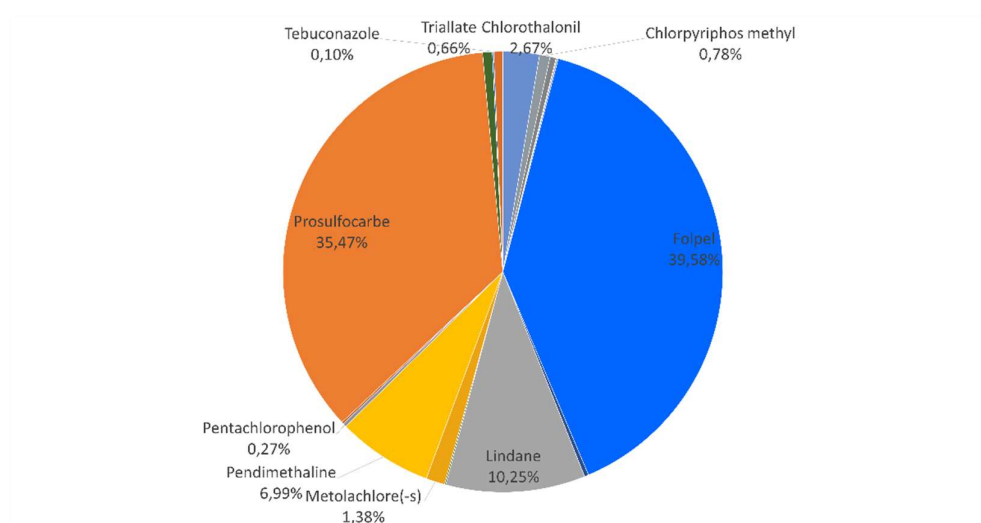
Le 2,4-D ester et le diméthénamide-p bien que très vendus sont très peu présents dans l'air. Leurs caractéristiques physicochimiques (volatilité, solubilité...) ne les prédisposent pas à se retrouver dans l'air.

À la Chapelle-Heulin



Contribution du type de pesticides à la concentration totale sur le site de la Chapelle-Heulin

Les herbicides représentent près de la moitié des pesticides. Nous enregistrons une forte proportion des fongicides qui représentent 45 % de la concentration totale en pesticides. Les insecticides demeurent minoritaires (10 % de la concentration totale des molécules étudiées).



Contribution des pesticides à la concentration totale sur le site de la Chapelle-Heulin (les teintes de couleurs représentées sont en relation avec le type d'action soit teintes d'orange pour les herbicides ; bleues pour les fongicides, grises pour les insecticides)

Le folpel et le prosulfocarbe sont les molécules majoritaires dans l'air de la Chapelle-Heulin. Il est à noter la présence faible mais visible du lindane (ancien insecticide interdit depuis 1998) qui représente 10 % de la concentration totale. Dans le secteur de la Chapelle-Heulin, le folpel est la substance la plus vendue en 2019 en raison de la forte présence de vignes dans le secteur. Le prosulfocarbe et la pendiméthaline sont les 2^{ème} et 3^{ème} molécules, parmi les molécules étudiées, les plus vendues dans le secteur de la Chapelle-Heulin.

Récapitulatif

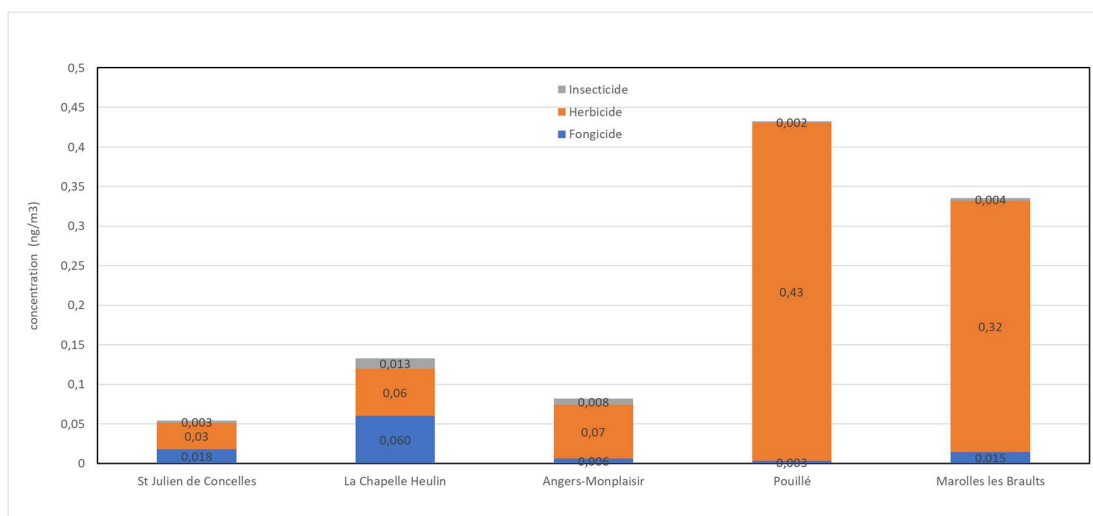
L'étude de la contribution des substances actives à la concentration totale a permis de mettre en évidence :

- D'une façon globale, une prédominance des herbicides avec notamment la présence du prosulfocarbe et dans une moindre mesure de la pendiméthaline,
- Cette prédominance des herbicides s'accroît sur les sites de « grandes cultures » (Pouillé et Marolles-les-Braults),
- Les fongicides sont moins représentés dans l'air que les herbicides mais peuvent l'être de façon significative notamment à la Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles et Angers,
- Parmi les fongicides, le folpel est le plus présent dans l'air en particulier sur les sites localisés à proximité de vignes (la Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles),
- Les insecticides sont très minoritaires par rapport aux herbicides et insecticides.

Le croisement avec les quantités vendues montre que les molécules majoritaires dans l'air font partie en général des molécules les plus vendues et par extrapolation les plus utilisées dans les différents secteurs des sites de mesure. Néanmoins l'inverse n'est pas vrai. Certaines molécules comme le 2,4-D ester, diméthénamide-p, le tébuconazole, le métazachlore, qui font partie des molécules les plus vendues dans le secteur de Marolles-les-Braults et Pouillé sont très peu présentes dans l'air, leurs caractéristiques physicochimiques (volatilité, solubilité...) ne les prédisposant pas à se retrouver dans l'air.

Comparaison intersites

Le graphique suivant montre les concentrations moyennes par type de pesticides enregistrées sur les différents sites de mesure de mai 2020 au 31 décembre 2021 (période commune de mesure aux différents sites).



Concentration moyenne par type de pesticides du 12 mai 2020 au 31 décembre 2021 sur les sites d'Angers, Saint-Julien-de-Concelles, Pouillé, Marolles-les-Braults et la Chapelle-Heulin

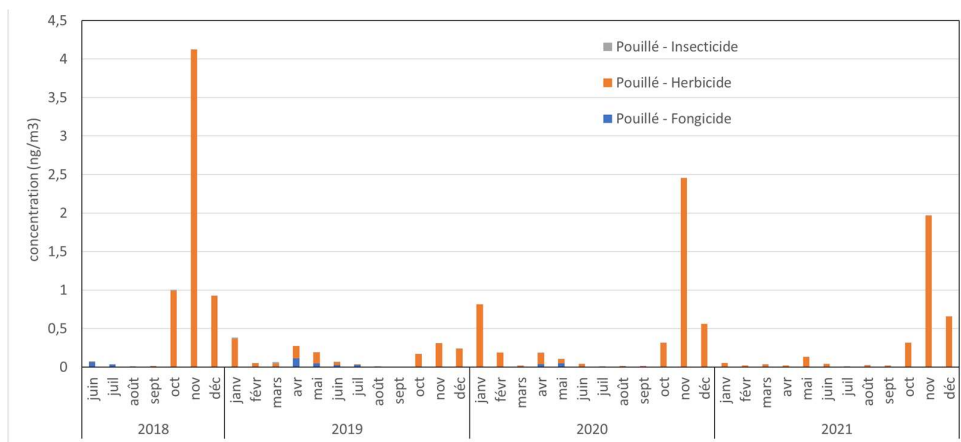
En matière de concentrations moyennes enregistrées, nous pouvons classer les différents sites de mesure en 2 catégories :

- Les sites à dominante de grandes cultures (Marolles-les-Braults, Pouillé) qui présentent des concentrations moyennes tous pesticides confondus les plus élevées avec des niveaux 30 % plus élevés à Pouillé par comparaison à Marolles-les-Braults,
- Les 3 autres sites qui présentent des niveaux plus de 3 fois plus faibles que ceux enregistrés sur les sites de grandes cultures. Au sein de ces sites, le site de Saint-Julien-de-Concelles présente un niveau moyen le plus faible tandis que la moyenne à la Chapelle-Heulin est 40 % plus élevée que celle enregistrée sur le site d'Angers).

Évolution temporelle des concentrations

Les graphiques suivants montrent pour chaque site de mesure l'évolution hebdomadaire des concentrations en pesticides en distinguant leurs différents types d'actions (herbicides, fongicides, insecticides).

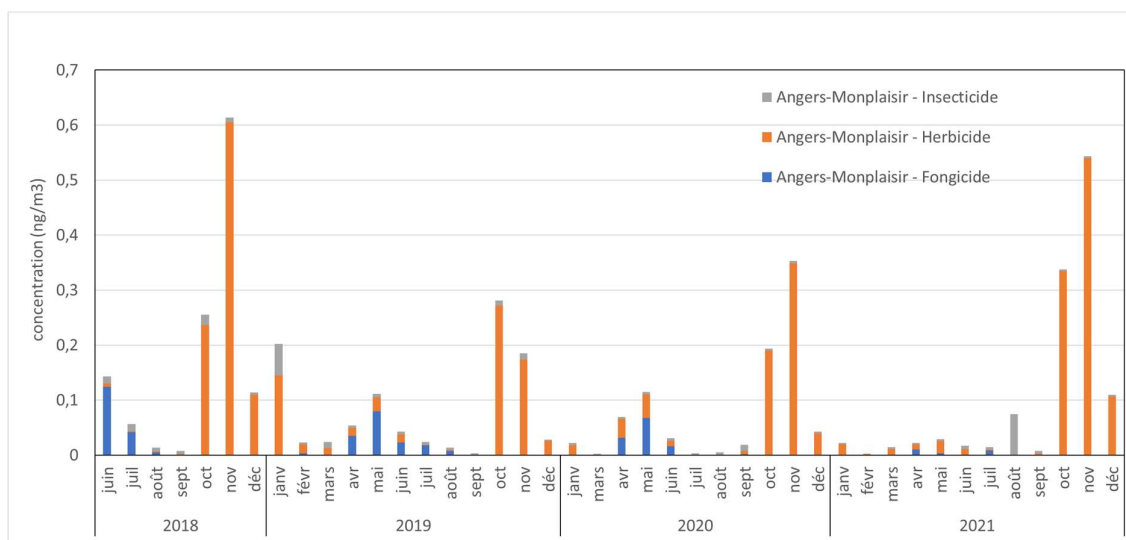
À Pouillé



Évolution mensuelle des concentrations en fongicides, herbicides et insecticides sur le site de Pouillé

Sur le site de Pouillé, l'évolution temporelle se caractérise par des niveaux les plus élevés en herbicides durant l'automne et le début de l'hiver (mi-octobre à début décembre) en lien avec les traitements préparatoires aux cultures d'hiver. Il est à noter que, durant l'automne 2019, les niveaux ont été significativement faibles que durant les automnes 2018, 2020, 2021. Ces différences sont essentiellement liées à l'évolution temporelle des concentrations en prosulfocarbe plus faibles à l'automne 2019 (cf. partie focus).

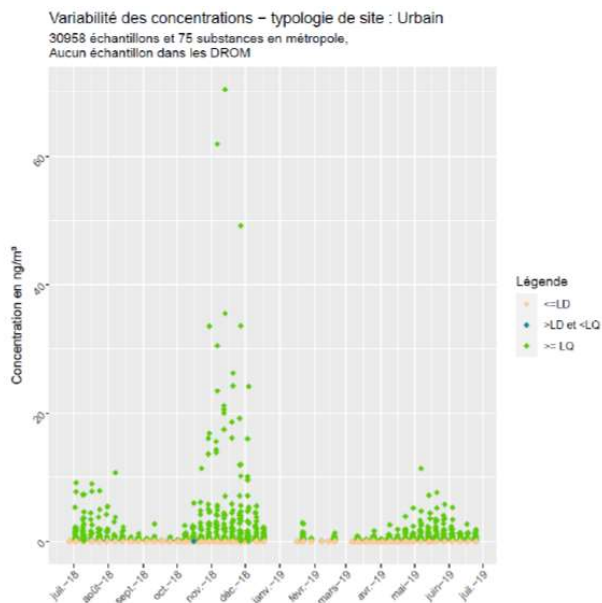
À Angers



Évolution hebdomadaire des concentrations en pesticides sur le site d'Angers

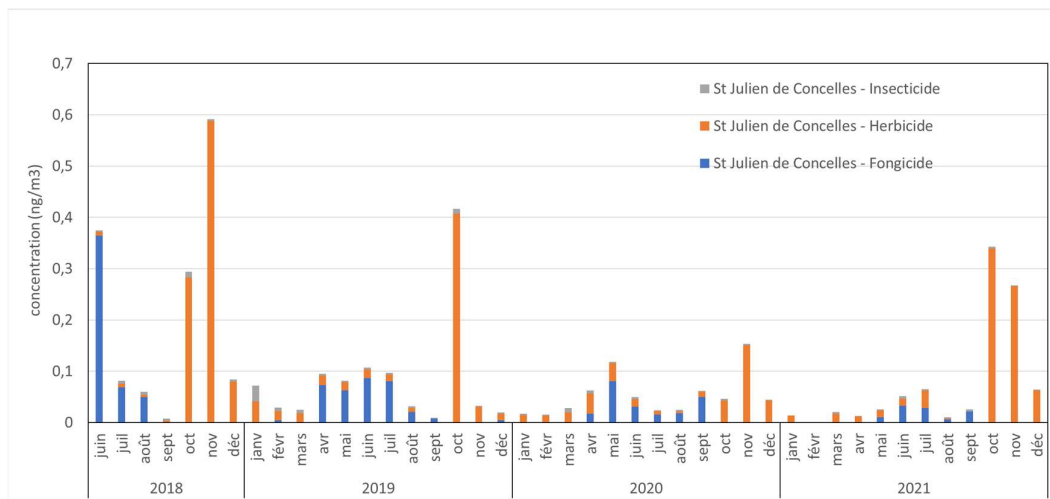
L'évolution au sein de l'année se caractérise par une présence accrue de pesticides dans l'air à Angers durant l'automne (octobre à décembre) et particulièrement d'herbicides. On peut noter également une augmentation des concentrations en fongicides et dans une moindre mesure en herbicides au printemps (avril à juin). Elle est en cohérence avec les périodes de traitement des cultures environnantes : herbicides à l'automne et au printemps, et fongicides au printemps.

Cette évolution est similaire à celle observée sur les sites urbains instrumentés lors de la campagne nationale (cf. graphique suivant).



Variations temporelles de la concentration toutes substances confondues pour les sites urbains (campagne nationale mi 2018 - mi 2019). (Source : Marlière, Létinois et Salomon, 2020 : résultats de la Campagne Nationale Exploratoire de mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (2018-2019))

À Saint-Julien-de-Concelles

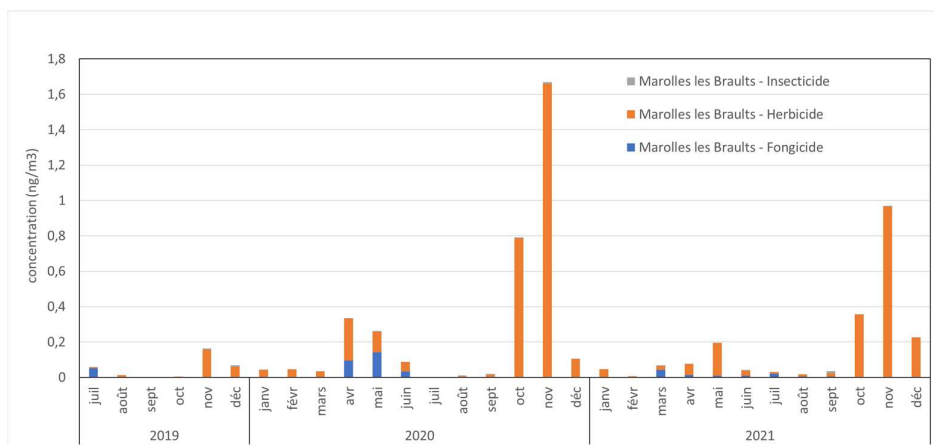


Évolution hebdomadaire des concentrations en pesticides sur le site de Saint-Julien-de-Concelles

A Saint-Julien-de-Concelles, nous retrouvons le même type d'évolution au sein de l'année avec des niveaux les plus élevés durant l'automne (mi-octobre à décembre) et une prépondérance d'herbicides puis des niveaux qui remontent au printemps-été (avril à juillet) en lien avec la présence de fongicides.

Concernant les niveaux en fongicides, on observe des niveaux plus élevés au printemps 2018 et notamment en juin. Cette observation est liée à une concentration plus importante en juin 2018 de folpel (fongicide anti mildiou) en lien avec des traitements plus intenses pour lutter contre une pression mildiou particulièrement forte durant l'été 2018 (cf. paragraphe suivant).

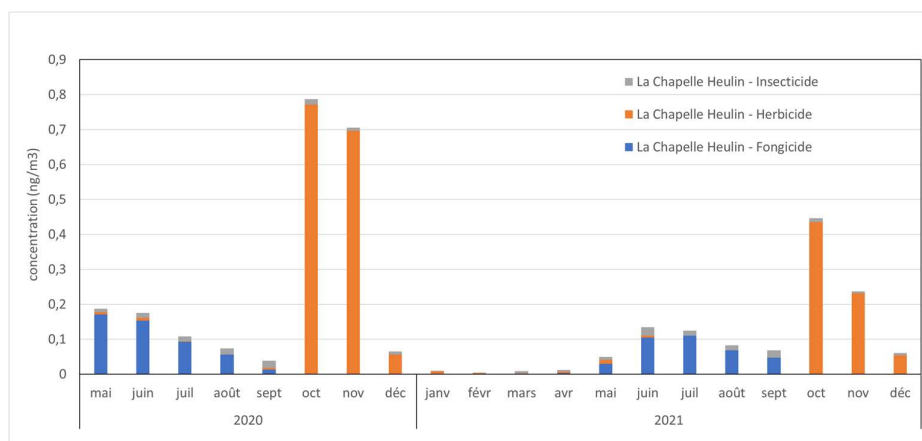
À Marolles-les-Braults



Évolution mensuelle des concentrations en pesticides sur le site de Marolles-les-Braults

L'évolution temporelle est conforme à celles déjà rencontrées sur les autres sites (concentration plus importante durant l'automne, présence de fongicides le printemps). A noter que les niveaux de l'automne 2019 sont plus faibles que ceux des automnes 2020 et 2021. Cette différence a été également observée sur le site de Pouillé.

À la Chapelle-Heulin



Évolution hebdomadaire des concentrations en pesticides sur le site de la Chapelle-Heulin

Nous retrouvons la même évolution temporelle avec la présence des concentrations les plus élevées en octobre et novembre liées à la présence d'herbicides dans l'air avec toutefois une tendance moins marquée entre les niveaux d'automne et de printemps. Les fongicides se retrouvent sur une période plus longue printemps-été (juin à août) par rapport aux sites de grandes cultures notamment.

Focus sur certaines molécules

Dans cette partie, un focus sur différentes substances actives est réalisé en termes notamment d'évolution temporelle. Le choix se porte sur :

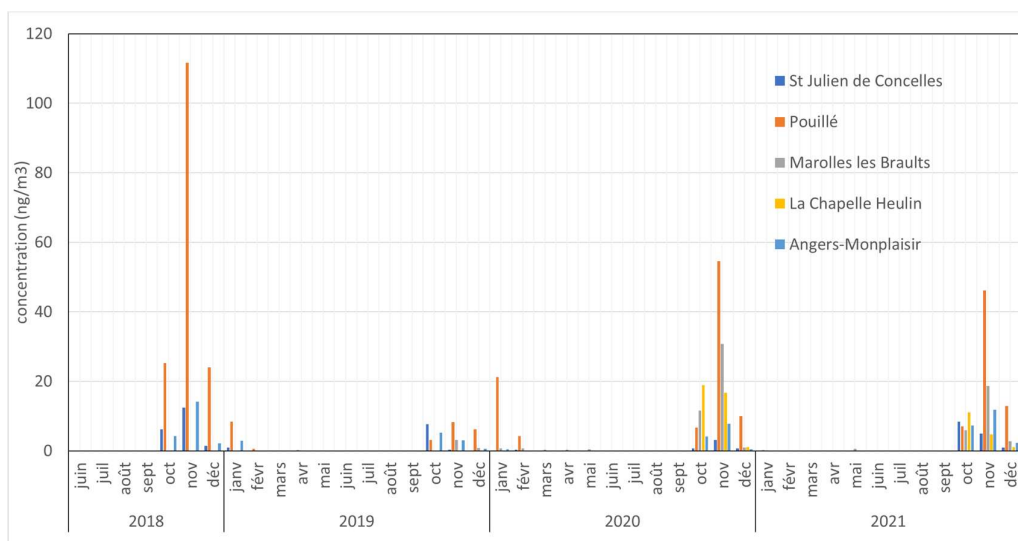
- Le prosulfocarbe, la pendiméthaline et le s-métolachlore, les 3 herbicides les plus fréquemment quantifiés dans l'air,
- Le folpel, le fongicide le plus abondant dans l'air,
- Le lindane, la molécule la plus fréquemment quantifié sur l'ensemble des sites de mesure,
- Le chlorothalonil, qui était quantifié dans plus de 20 % des prélèvements en 2019 et 2020 ne l'est quasiment plus en 2021.

Le prosulfocarbe

Le prosulfocarbe est un herbicide racinaire homologué sur grandes cultures (blé dur d'hiver, blé tendre d'hiver, orge d'hiver, seigles d'hiver), pommes de terre, carottes, oignons, certaines plantes à parfum, aromatiques, médicinales et condimentaires. Cette molécule est sensible à la dérive et à la volatilisation après pulvérisation (cf. annexe 2). Elle peut alors être transférée sur des cultures dites non cibles, situées aux alentours du champ traité. De ce fait, l'ANSES a durci ses règles d'utilisation.

En effet, depuis octobre 2018, afin de limiter la contamination des cultures non cibles pour les applications d'automne, les règles suivantes s'appliquent. Si des cultures non cibles sont situées à moins de 500 m de la parcelle traitée, il est interdit d'appliquer le produit avant la récolte de ces cultures. Si les cultures non cibles sont situées à plus de 500 m et à moins de 1 km de la parcelle traitée, il ne faut pas appliquer le produit avant la récolte de la culture ou, en cas d'impossibilité, appliquer le produit uniquement le matin avant 9 h ou le soir après 18 h, en conditions de température faible et d'hygrométrie élevée.

Le graphique suivant montre l'évolution temporelle des concentrations mensuelles en prosulfocarbe sur l'ensemble des sites.



Évolution mensuelle des concentrations en prosulfocarbe

Le prosulfocarbe est présent exclusivement en fin d'année et début d'année et particulièrement à l'automne (mi-octobre à décembre) en lien avec le désherbage des céréales d'hiver. Les niveaux à l'automne 2019 sont particulièrement faibles par comparaison aux automnes 2018 et 2020, 2021.

En 2019, les applications de prosulfocarbe à l'automne ont été fortement réduites voire non réalisées, en raison de conditions météorologiques très défavorables à son application : pluies abondantes en novembre 2019 (cf. annexe 3). Ces observations ont également été observées en Nouvelle-Aquitaine⁵.

⁵ Les pesticides dans l'air, bilan 2019, Atmo Nouvelle Aquitaine, juillet 2020

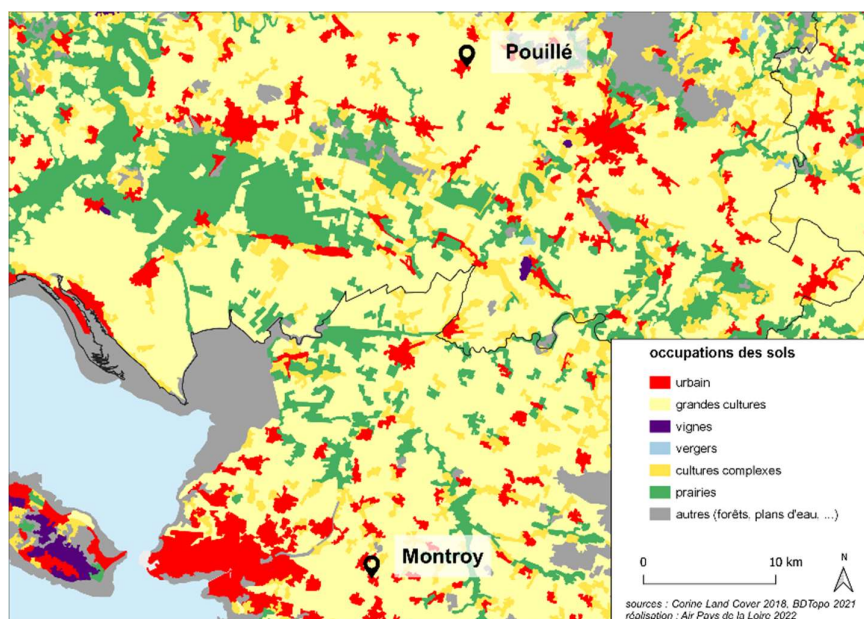
Sur les sites de grandes cultures, les niveaux enregistrés à Pouillé sont globalement plus élevés que ceux enregistrés à Marolles-les-Braults. L'environnement immédiat du site de Pouillé se caractérise par un pourcentage de grandes cultures (84 %) plus élevé que celui de Marolles-les-Braults (65 %). Par ailleurs selon la BNVD, il a été vendu près de 4 fois plus de prosulfocarbe dans le secteur de Pouillé que dans le secteur de Marolles-les-Braults en 2019 suggérant une utilisation plus importante de cet herbicide dans le secteur de Pouillé. Ces observations peuvent expliquer les niveaux de prosulfocarbe plus élevés à Pouillé.

Dans le tableau suivant, les niveaux moyens en prosulfocarbe enregistrés lors de la campagne nationale sur les 3 sites des Pays de la Loire sont mis en perspective avec, pour chaque site, la moyenne de l'ensemble des sites de même typologie et la moyenne de Métropole tout site confondu.

Site	Concentration moyenne
Pouillé	13,2 ng/m ³ - grandes cultures : 4,2 ng/m ³
Saint-Julien-de-Concelles	1,3 ng/m ³ - maraichage : 0,8 ng/m ³
Angers	2,0 ng/m ³ -urbain : 2,1 ng/m ³
Métropole	2,6 ng/m ³

Concentration moyenne en prosulfocarbe durant la campagne nationale

Sur le site de Pouillé, les niveaux en novembre 2018 ont été les plus élevés enregistrés en France lors de la campagne nationale⁶. Durant l'automne 2021, des niveaux élevés dépassant les 100 ng/m³ ont été enregistrés durant la semaine du 9 au 17 novembre 2021. Des concentrations en prosulfocarbe supérieures à 100 ng/m³ ont également été enregistrées en Charente-Maritime par ATMO Nouvelle Aquitaine du 2 au 22 novembre 2021 sur le site de Montroy situé dans la Plaine d'Aunis, plaine de grandes cultures dans l'agglomération de La Rochelle. Ce site est situé à 39 km du site de Pouillé (cf. carte suivante).



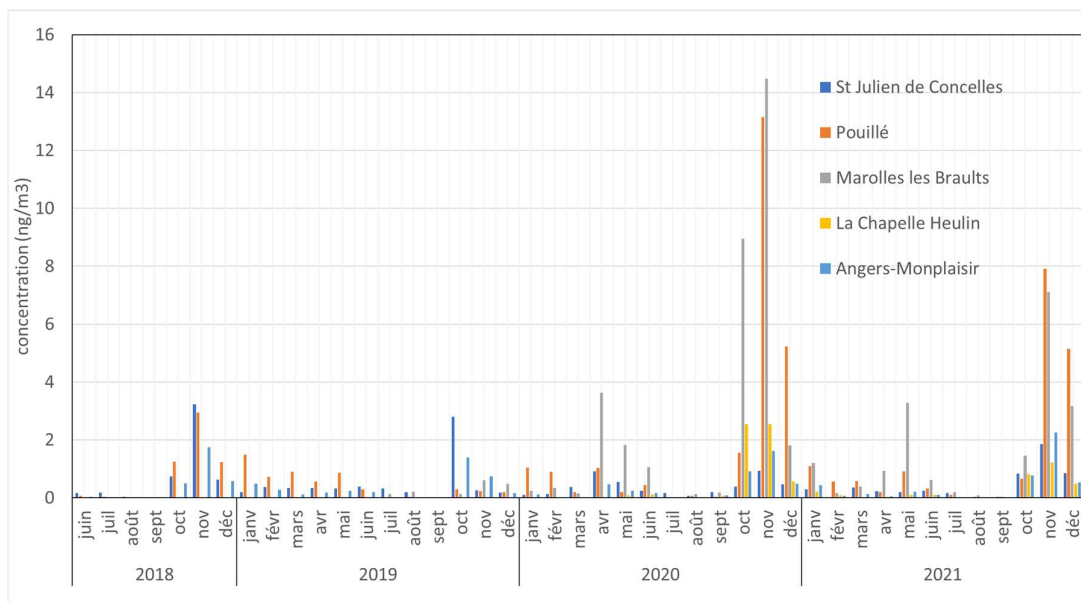
Localisation des sites de grandes cultures Pouillé et Montroy

⁶ Marlière, Létinois et Salomon, LCSQA 2020 : Résultats de la Campagne Nationale Exploratoire de mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (2018-2019)

La pendiméthaline

La pendiméthaline est un herbicide à assez longue persistance d'action nécessitant une humidité du sol pour une bonne efficacité. Elle est utilisée pour la protection de nombreuses cultures :

- Grandes cultures : blés dur et tendre d'hiver, orge d'hiver, seigle d'hiver, féverole et orge de printemps, colza, tournesol,
- Cultures légumières : ail, échalotte, carottes, poireaux, tomate, pois ...,
- Cultures fruitières : pommier, poiriers,
- Cultures ornementales,
- Viticulture.



Évolution mensuelle des concentrations en pendiméthaline sur l'ensemble des sites de mesure

L'évolution temporelle se caractérise par des concentrations plus élevées à l'automne (octobre – décembre) et, contrairement au prosulfocarbe, également au printemps (avril - juin).

Son utilisation sur une plus grande variété de cultures et des cultures de printemps peut expliquer cette différence.

Sur le site de Pouillé sur lequel nous disposons un suivi depuis mi 2018, les variations interannuelles montrent des niveaux plus élevés durant les automnes 2020-2021 par comparaison aux automnes précédents suggérant une utilisation plus intense de cette molécule ces deux dernières années.

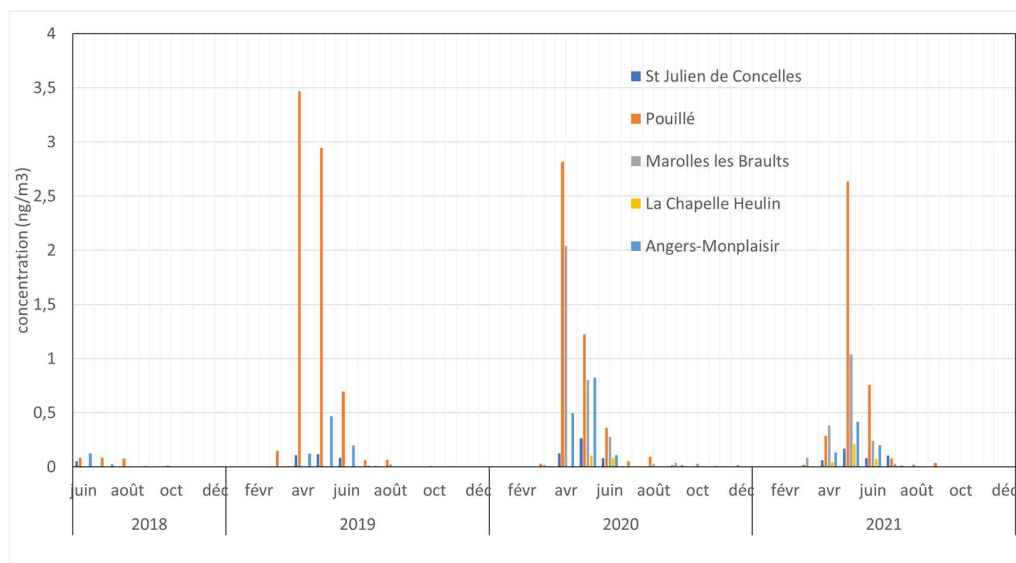
Dans le tableau suivant, les niveaux moyens en pendiméthanal enregistrés lors de la campagne nationale sur les 3 sites des Pays de la Loire sont mis en perspective avec, pour chaque site, la moyenne de l'ensemble des sites de même typologie et la moyenne de Métropole tout site confondu.

Site	Concentration moyenne
Pouillé	0,80 ng/m ³ - grandes cultures : 1,06 ng/m ³
Saint-Julien-de-Concelles	0,45 ng/m ³ - maraichage : 0,49 ng/m ³
Angers	0,35 ng/m ³ -urbain : 0,45 ng/m ³
Métropole	0,66 ng/m ³

Concentration moyenne en pendiméthaline durant la campagne nationale

Le s-métolachlore

Le s-métolachlore est un herbicide utilisé sur de nombreuses types de cultures, grandes cultures (betterave, millet, soja, tournesol) ; cultures légumières (haricots, pois), cultures porte graine (courgette, potiron, coloquinte). Il peut être utilisé du pré-semis à la post-levée précoce.



Évolution mensuelle des concentrations en s-métolachlore sur l'ensemble des sites de mesure

Le s-métolachlore se retrouve dans l'air durant le printemps (avril à juin) en lien avec les traitements des cultures de printemps. Il est particulièrement présent sur les sites de Pouillé, Marolles-les-Braults puis dans une moindre mesure sur le site d'Angers. Il est très peu présent sur les sites de La Chapelle-Heulin et de Saint-Julien-de-Concelles.

Les quantités vendues et par extrapolation utilisées est un des paramètres expliquant cette hiérarchisation. Dans le secteur de Pouillé il est vendu selon la BNVD plus de 6,6 tonnes en 2019, 4 tonnes dans le secteur de Marolles-les-Braults, 3,8 tonnes dans le secteur d'Angers. Dans les secteurs de la Chapelle-Heulin et de Saint-Julien-de-Concelles, il est vendu moins de 700 kg de s-métolachlore.

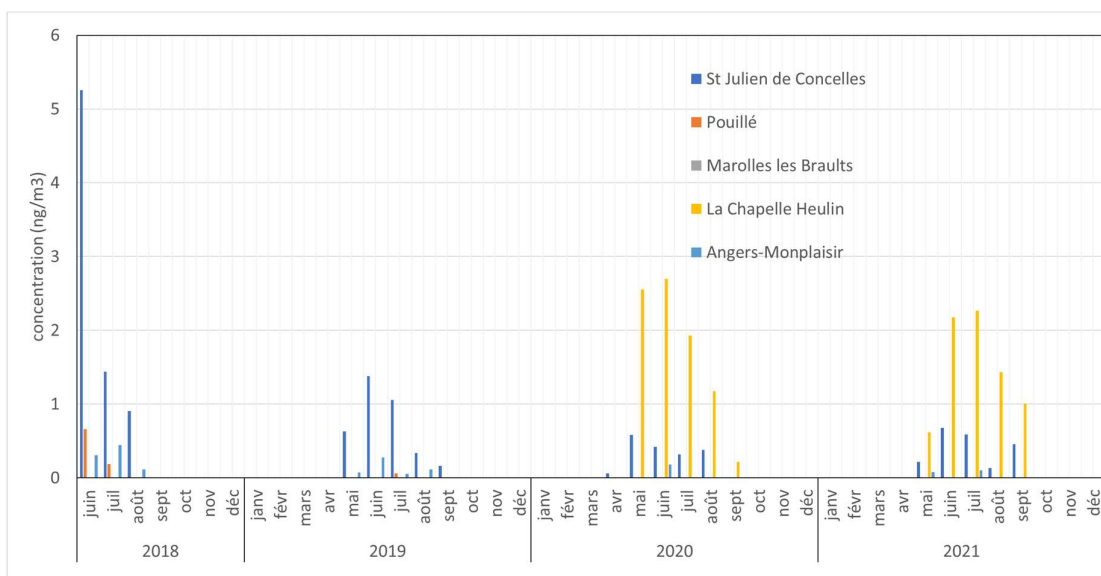
Dans le tableau suivant, les niveaux moyens en s-métolachlore enregistrés lors de la campagne nationale sur les 3 sites des Pays de la Loire sont mis en perspective avec, pour chaque site, la moyenne de l'ensemble des sites de même typologie et la moyenne de Métropole tout site confondu.

Site	Concentration moyenne
Pouillé	0,61 ng/m ³ - grandes cultures : 0,12 ng/m ³
Saint-Julien-de-Concelles	0,03 ng/m ³ - maraichage : 0,07 ng/m ³
Angers	0,07 ng/m ³ -urbain : 0,06 ng/m ³
Métropole	0,10 ng/m ³

Concentration moyenne en s-métolachlore durant la campagne nationale

Le folpel

Le folpel est un fongicide actif sur un grand nombre de champignons parasites. Il est utilisé essentiellement en vignes contre le mildiou, l'excariose et le rougeot parasitaire. Il a également une action intéressante contre la pourriture grise, l'Oïdium et le Black Rot.



Évolution mensuelle des concentrations en folpel sur l'ensemble des sites de mesure

Le folpel se retrouve dans l'air durant le printemps et l'été particulièrement sur les sites de la Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles. Sur les sites de grandes cultures de Pouillé et Marolles-les-Braults, il n'est quasiment pas quantifié dans l'air.

On retrouve logiquement, les concentrations les plus élevées sur les sites proches de zones viticoles (La Chapelle-Heulin puis Saint-Julien-de-Concelles). En 2019, les quantités de folpel vendues, dans le secteur de la Chapelle-Heulin et de Saint-Julien-de-Concelles (zone de 23 km autour des sites) est sensiblement la même (environ 6 500 kg). Toutefois dans un secteur plus proche (inférieur à 5 km), les quantités vendues sont 5 fois plus importantes à la Chapelle-Heulin (les vignes représentant 50 % de l'occupation du sol dans un rayon de 5 km autour du site). Ceci pourrait être un des paramètres permettant d'expliquer les niveaux de folpel plus élevés à la Chapelle-Heulin.

Par ailleurs, la présence de folpel à Angers avait également été quantifiée lors d'une précédente étude suggérant un impact faible mais visible des traitements viticoles du vignoble de l'Anjou notamment ⁷.

L'évolution temporelle à Saint-Julien-de-Concelles montre des niveaux en folpel plus élevés la dernière semaine de juin 2018 (25 juin - 2 juillet) par comparaison aux concentrations enregistrées respectivement à la même période en 2020 et dans une moindre mesure en 2019 et 2021. Le tableau suivant indique les risques d'apparition et le niveau de présence du mildiou sur les vignes des Pays de la Loire pour la dernière semaine de juin. Ce tableau a été établi par le pôle végétal – service viticulture de la chambre d'agriculture des Pays de la Loire à partir du risque d'apparition du Mildiou modélisé, de la situation sur le terrain et du stade de développement du végétal.

	risque d'apparition de la maladie	Niveau de présence de la maladie sur les vignes	analyse de la situation pour la dernière semaine de juin
2018	très fort	très fort	On sort de 10 jours de temps chaud et très humide avec des précipitations intenses. Le risque est très élevé pour la vigne. La maladie est déjà présente même sur des parcelles pourtant protégées. Une pluie n'est pas nécessaire pour que les symptômes se développent, de l'humidité et de la rosée le matin peuvent suffire. Les symptômes s'expriment sur feuilles ET sur les grappes. Les vignerons "courent" après le mildiou, l'utilisation de produits phytosanitaires est nécessaire et intensive, avec des produits efficaces et une alternance des molécules et modes d'action. Le folpel est probablement beaucoup utilisé.
2019	moyen	faible	Risque faible pour la vigne, la maladie est surtout présente sur les parcelles témoin qui ne sont pas protégées. Les grappes ne sont pas touchées dans toutes les situations qui ont été couvertes par les produits phytosanitaires. Les vignerons peuvent conserver une cadence de traitement normale.
2020	faible	moyen	La grappe a atteint un stade avancé, le risque d'une nouvelle contamination sur la grappe est faible et les conséquences si c'était le cas le seraient également. Les parcelles protégées sont moyennement atteintes par le mildiou les grappes ont été bien protégées. Les vignerons ne sont pas obligés de sur-protéger la vigne pour compenser et peuvent conserver une cadence normale voir passer sur des produits plus "légers" à base de cuivre.
2021	fort	faible	La maladie est faiblement présente sur les parcelles et touche très peu les grappes. Les grappes sont dans une phase de sensibilité décroissante, une protection efficace reste nécessaire mais les cadences n'ont pas besoin d'être resserées.

Situation du risque d'apparition et de la présence du mildiou sur le vignoble des Pays de la Loire pour la dernière semaine de juin (pôle végétal – service viticulture de la chambre d'agriculture des Pays de la Loire)

⁷ <http://www.airpl.org/Publications/rapports/vendredi-09-mai-2008-mesures-de-produits-phytosanitaires-dans-l-air-en-zone-arboricole-et-en-milieu-urbain-campagne-de-mesure-printemps-ete-2007>

L'expertise menée par la chambre d'agriculture montre une forte présence de mildiou sur les feuilles et les grappes et un risque accru de son apparition durant la dernière semaine de juin 2018 en lien avec des conditions météorologiques particulièrement pluvieuses qui sont survenues durant le mois de juin 2018 (cf. annexe 3). Afin de protéger les vignes, les viticulteurs ont dû traiter plus intensément ce qui expliquerait les concentrations atmosphériques de folpel plus élevées en juin 2018 par rapport aux mêmes périodes des années suivantes.

Ces concentrations plus élevées en folpel durant le début de l'été 2018 ne sont pas spécifiques au vignoble nantais mais ont également été enregistrées dans d'autres zones viticoles notamment à Bourgueil en région Centre-Val de Loire (Lig'Air, communication personnelle) également à Kintzheim en Alsace (ATMO grand Est communication personnelle) et en Cognçais et Médoc (ATMO Nouvelle Aquitaine, communication personnelle).

Dans le tableau suivant, les niveaux moyens en folpel enregistrés lors de la campagne nationale sur les 3 sites des Pays de la Loire sont mis en perspective avec, pour chaque site, la moyenne de l'ensemble des sites de même typologie et la moyenne de Métropole tout site confondu.

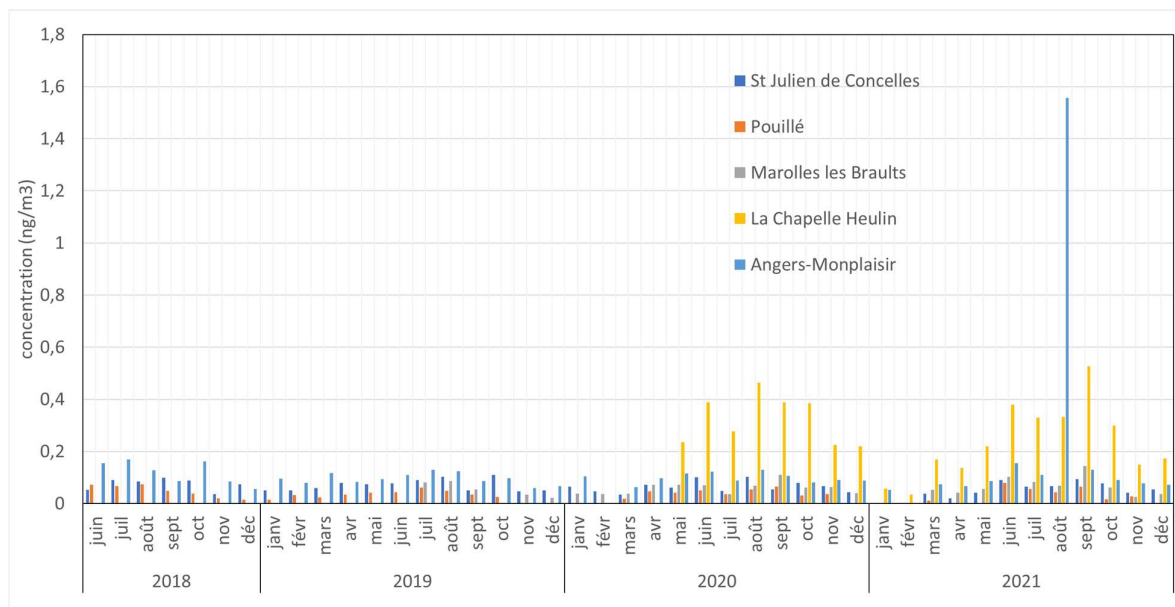
Site	Concentration moyenne
Pouillé	0,07 ng/m ³ - grandes cultures : 0,07 ng/m ³
Saint-Julien-de-Concelles	0,8 ng/m ³ - maraichage : 0,56 ng/m ³
Angers	0,1 ng/m ³ - urbain : 0,26 ng/m ³
Métropole	1,03 ng/m ³

Concentration moyenne en folpel durant la campagne nationale

Le lindane

Le lindane était un insecticide organochloré commercialisé depuis 1938. Son utilisation en agriculture est interdite en France depuis 1998. Doté d'un très large spectre d'activité insecticide, le lindane avait de nombreuses applications :

- En agriculture pour le traitement des sols (maïs, betteraves), des semences (céréales, colza...) et des feuilles (arboriculture, horticulture, maraîchage, cultures fourragères...),
- Dans la protection des bois, (grumes, charpentes...),
- En médecine vétérinaire et en santé publique comme traitement antiparasitaire du bétail et des animaux de compagnie (puces, tiques...) et usage domestique (lutte contre les mouches, punaises, tiques, traitement de la gale, des poux et autres parasites).



Évolution mensuelle des concentrations en lindane sur l'ensemble des sites de mesure

Bien que son utilisation soit interdite depuis 1998, le lindane est quantifié tout au long de l'année sur l'ensemble des sites de mesure. Ce phénomène n'est pas spécifique aux Pays de la Loire mais a été observé sur l'ensemble des sites de Métropole lors de la campagne nationale⁸. L'évolution temporelle suggère une évolution saisonnière avec des niveaux estivaux légèrement plus élevés qu'en hiver.

Une explication de la présence de lindane dans l'air serait une re-volatilisation à partir des sols anciennement traités. Les niveaux plus importants à la Chapelle-Heulin suggèrent une autre source d'émission spécifique sur ce site. Les concentrations élevées lors des 3 premières semaines d'août mesurées à Angers suggèrent une émission parasite ponctuelle à proximité du capteur. La présence de pentachlorophénol dans ces mêmes 3 échantillons suggère des émissions liées à des travaux de charpente car ces 2 produits interdits en agriculture ont été utilisés pour le traitement du bois.

Dans le tableau suivant, les niveaux moyens en lindane enregistrés lors de la campagne nationale sur les 3 sites des Pays de la Loire sont mis en perspective avec, pour chaque site, la moyenne de l'ensemble des sites de même typologie et la moyenne de Métropole tout site confondu.

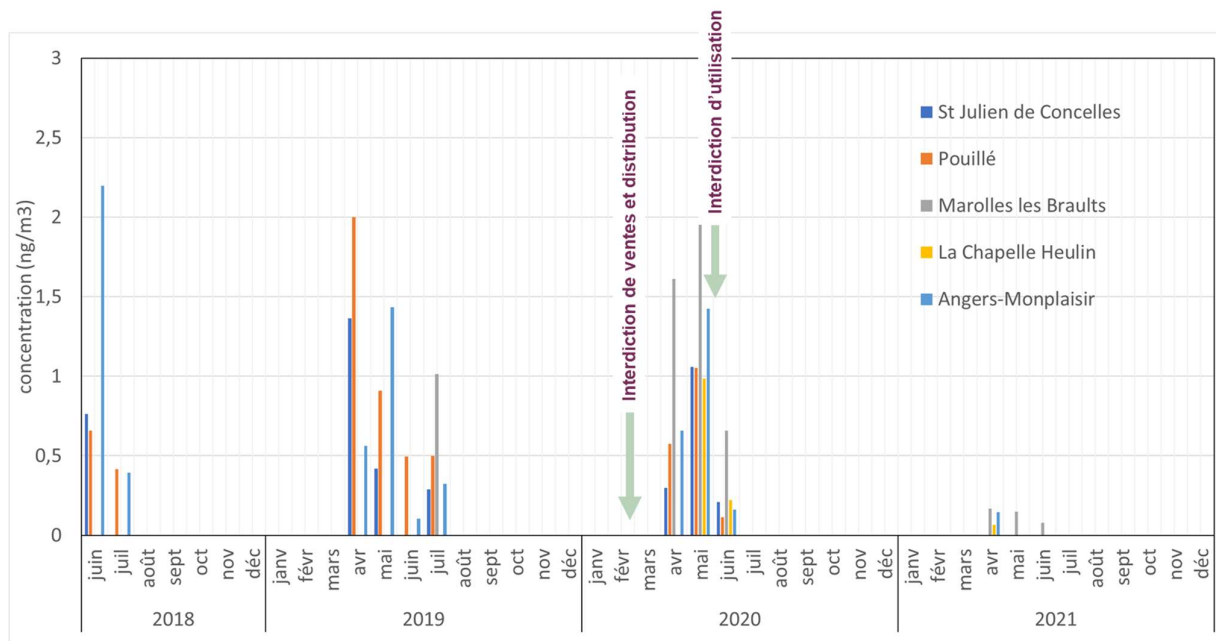
Site	Concentration moyenne
Pouillé	0,04 ng/m ³ - grandes cultures : 0,07 ng/m ³
Saint-Julien-de-Concelles	0,07 ng/m ³ - maraichage : 0,05 ng/m ³
Angers	0,11 ng/m ³ -urbain : 0,08 ng/m ³
Métropole	0,06 ng/m ³

Concentration moyenne en lindane durant la campagne nationale

⁸ Marlière, Létinois et Salomon, 2020 : résultats de la Campagne Nationale Exploratoire de mesure des résidus de Pesticides dans l'air ambiant (2018-2019)

Le Chlorothalonil

Ce fongicide était utilisé en grandes cultures (blé dur de printemps, blé dur d'hiver), en cultures légumières (asperges, concombre, tomate). Suite à l'entrée en vigueur du Règlement (UE) 2019/677 du 29 avril 2019, concernant le non-renouvellement de l'approbation du chlorothalonil, en France, la fin de vente et de distribution est fixée au 20/02/2020 tandis que la fin d'utilisation des stocks de produits est fixée au 20/05/2020.



Évolution mensuelle des concentrations en chlorothalonil sur l'ensemble des sites de mesure

Le chlorothalonil est détecté dans l'air exclusivement au printemps-début d'été (avril-juillet) en lien avec les traitements des cultures de printemps. Il n'est quasi plus détecté à partir de juin 2020 en lien avec son interdiction d'utilisation fixée au 20 mai 2020.

Conclusions

Dans le cadre du suivi régional des pesticides dans l'air initié lors de la campagne nationale en juin 2018, Air Pays de la Loire a mesuré conformément aux préconisations de l'ANSES et selon les normes AFNOR relatives à la collecte et l'analyse, les concentrations dans l'air de 76 pesticides sur 5 sites (Angers - Monplaisir, Saint-Julien-de-Concelles et Pouillé puis à Marolles-les-Braults et à la Chapelle-Heulin).

L'étude de la contribution des substances actives à la concentration totale a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- De façon globale, une prédominance des herbicides avec notamment la présence du prosulfocarbe et dans une moindre mesure de la pendiméthaline,
- Cette prédominance des herbicides s'accroît sur les sites de « grandes cultures » (Pouillé et Marolles-les-Braults),
- Les fongicides sont moins représentés dans l'air que les herbicides mais peuvent l'être de façon significative notamment sur les sites à la Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles et Angers,
- Parmi les fongicides, le folpel est le plus présent dans l'air en particulier sur les sites localisés à proximité de vignes (La Chapelle-Heulin, Saint-Julien-de-Concelles),
- Les insecticides sont très minoritaires par rapport aux herbicides et fongicides avec la présence du lindane (ancien insecticide interdit depuis 1998).

En matière de concentrations moyennes enregistrées, nous pouvons classer les différents sites de mesure en 2 catégories :

- Les sites à dominante de grandes cultures (Marolles-les-Braults, Pouillé) qui présentent des concentrations moyennes tous pesticides confondus les plus élevées avec des niveaux 30 % plus élevés que ceux enregistrés sur le site de Pouillé par comparaison à Marolles-les-Braults,
- Les 3 autres sites qui présentent des niveaux plus de 3 fois plus faibles que ceux enregistrés sur les sites de grandes cultures. Au sein de ces sites, le site de Saint-Julien-de-Concelles présente un niveau moyen le plus faible tandis que la moyenne à la Chapelle-Heulin est 40 % plus élevée que celle enregistrée sur le site d'Angers).

L'étude de l'évolution temporelle a montré :

- De façon globale sur l'ensemble des sites, la présence des concentrations les plus élevées en octobre-novembre par la présence d'herbicides dans l'air en lien avec les traitements préparatoires aux cultures d'hiver. Les fongicides se retrouvent essentiellement au printemps (mai-juin).
- Des variations interannuelles liées à des conditions météorologiques entraînant des conditions plus ou moins propices aux désherbages durant l'automne et à l'apparition de champignons durant l'été.
 - Par exemple, en 2019, les applications de prosulfocarbe à l'automne ont été fortement réduites voire non réalisées, en raison de conditions météorologiques très défavorables à son application (pluies abondantes en novembre 2019) entraînant des concentrations particulièrement faibles dans l'air sur le site de Pouillé.
 - À Saint-Julien-de-Concelles, les niveaux en folpel en juin 2018 ont été particulièrement élevés par rapport aux mois de juin 2019, 2020, 2021. Une forte pression du mildiou en lien avec des conditions météorologiques propices à son développement (forte pluviométrie), a nécessité des traitements plus intenses en début d'été 2018.
- Le chlorothalonil qui était détecté d'avril à juillet en 2018, 2019 et 2020 en lien avec les traitements des cultures de printemps ne l'est quasi plus à partir de juin 2020 ; son interdiction d'utilisation ayant été fixée au 20 mai 2020 en France.

Perspectives

Dans le cadre de la poursuite du financement quadripartite (DRAAF, DREAL, ARS, Air Pays de la Loire), ce suivi régional est poursuivi sur 4 sites jusqu'au 31 décembre 2022. Les mesures effectuées à Saint-Julien-de-Concelles ne seront pas prolongées compte tenu des niveaux enregistrés les plus faibles des 5 sites de mesure, de sa proximité géographique avec le site de la Chapelle-Heulin et afin de limiter les coûts d'analyses.

Cette prolongation permettra d'étudier une nouvelle année et ainsi de confirmer les évolutions des concentrations observées au sein de l'année. Cette année supplémentaire de mesure permettra également de poursuivre l'étude des variations interannuelles des niveaux enregistrés en lien notamment avec les conditions météorologiques et l'évolution des pratiques culturelles.

Au niveau national, des réflexions sont en cours par le Ministère de l'Environnement et la Fédération ATMO pour poursuivre le suivi mis en œuvre depuis juillet 2021 jusqu'à fin 2023. Ce suivi se concrétiserait en Pays de la Loire par la poursuite des mesures à Angers jusqu'à la fin de l'année 2023.

Annexes

- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : sources et puits des produits phytosanitaires dans l'atmosphère
- annexe 3 conditions météorologiques en 2018, 2019, 2020 et 2021
- annexe 4 : définition des « boîtes à moustaches » ou boxplots

Annexe 1 – Air Pays de la Loire

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

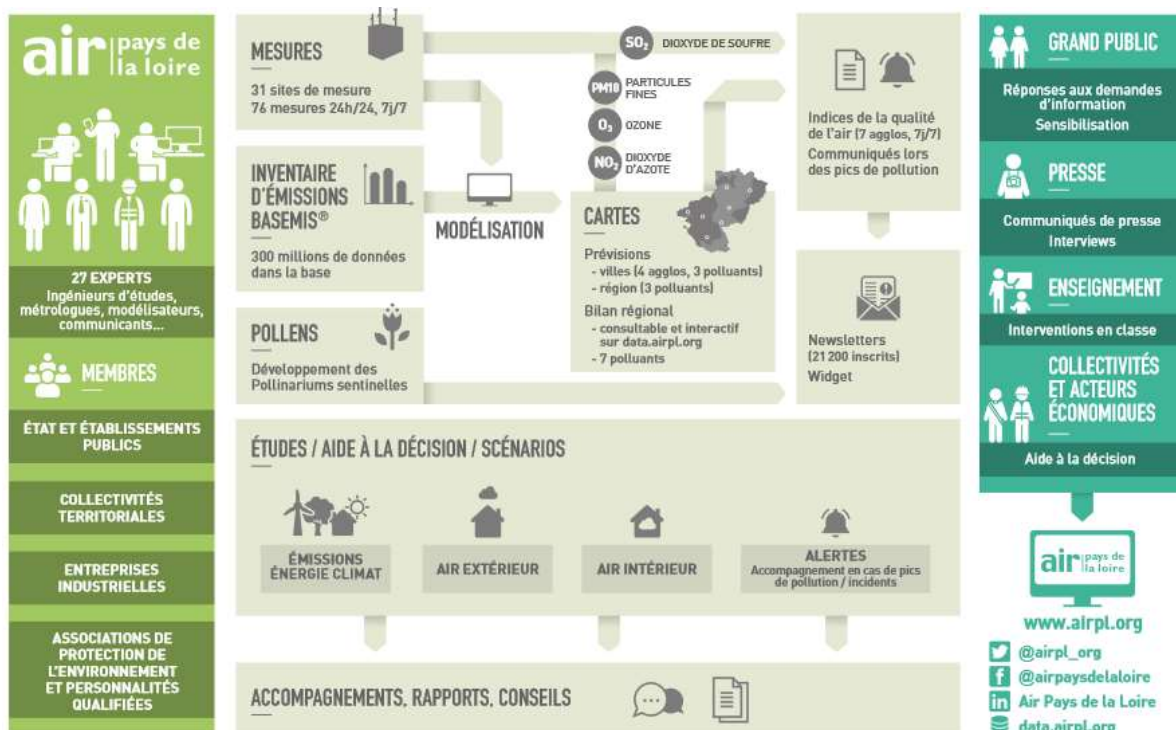
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur www.airpl.org : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Twitter (@airpl_org) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

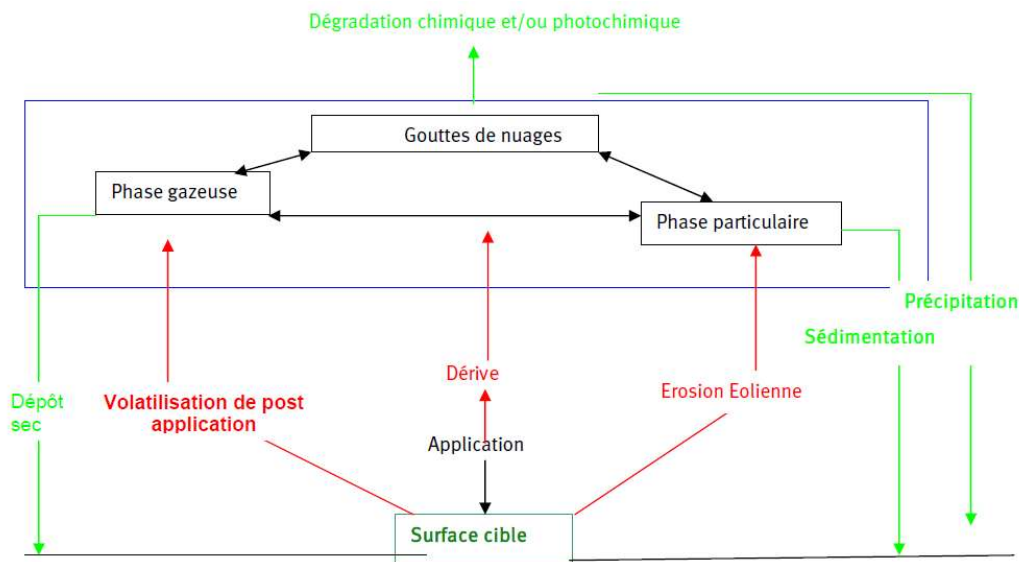
- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



Annexe 2 : sources et puits des produits phytosanitaires dans l'atmosphère

Le schéma ci-après montre les différentes voies d'entrée et de sortie des produits phytosanitaires dans l'atmosphère.



Les sources

Les trois principales sources de pesticides dans l'atmosphère sont :

- la dérive lors du traitement,
- la volatilisation post traitement pour les molécules volatiles,
- l'érosion éolienne.

La dérive lors de l'application

Les produits phytosanitaires sont dans la plupart des cas appliqués sous forme de solutions pulvérisées sur le sol et/ou les cultures. Plus rarement, ils sont incorporés à la terre sous forme de granulés ou de graines enrobées.

La dérive correspond à la proportion de produits phytosanitaires qui passe dans l'air lors de la pulvérisation. Ces pertes sont extrêmement variables (de quelques % à plus de 50 %) selon le type de pulvérisation, la taille des gouttelettes pulvérisées, les conditions météorologiques, la nature du champ et des cultures. Les produits ne peuvent être utilisés en pulvérisation ou poudrage que si le vent a un degré d'intensité inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Beaufort. (Arrêté du 4 mai 2017 relatif à la mise sur le marché et à l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et de leurs adjuvants visés à l'article L. 253-1 du code rural et de la pêche maritime).

La volatilisation de post traitement

Cette perte se fait après le traitement. Elle dépend de nombreux paramètres tels que les propriétés physico-chimiques de la substance épanchée, de facteurs météorologiques, de la structure et propriétés du sol et du mode d'application du composé.

Le potentiel de volatilisation d'un composé chimique est contrôlé non seulement par la pression de vapeur intrinsèque du composé mais aussi par les facteurs qui influent le comportement de la molécule à l'interface sol-liquide-gaz. Le seul examen de la pression de vapeur ne permet donc pas de conclure sur le degré de volatilité d'un composé. Il faut plutôt s'intéresser à la composante de Henry K qui correspond au rapport de la pression de vapeur sur la fraction molaire dans l'eau.

Jun et al (1983) considèrent comme fortement volatiles les molécules dont la constante de Henry est supérieure à 10^{-5} .

L'érosion éolienne

Compte tenu de leurs propriétés physico-chimiques, certains produits phytosanitaires peuvent être retenus par les constituants minéraux et organiques du sol. Les particules du sol arrachées par le vent vont donc alimenter l'atmosphère en pesticides. Cette érosion éolienne est surtout sensible dans les régions ventées et sur les grandes plaines dégagées et concerne les cultures à faibles couvertures végétales et celles qui laissent le sol à nu durant de longues périodes.

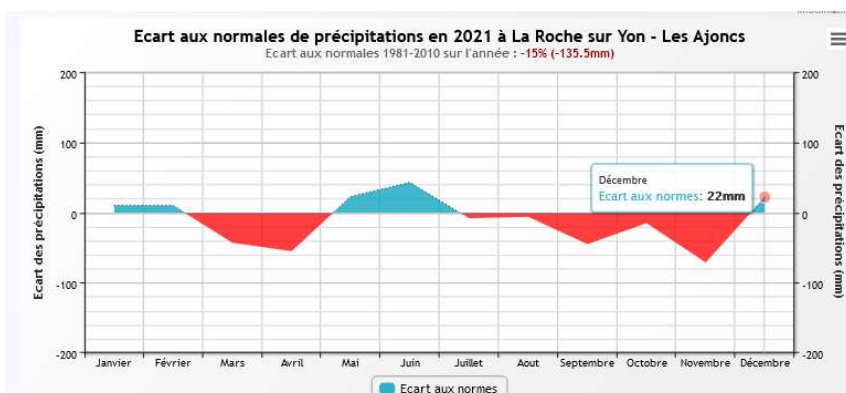
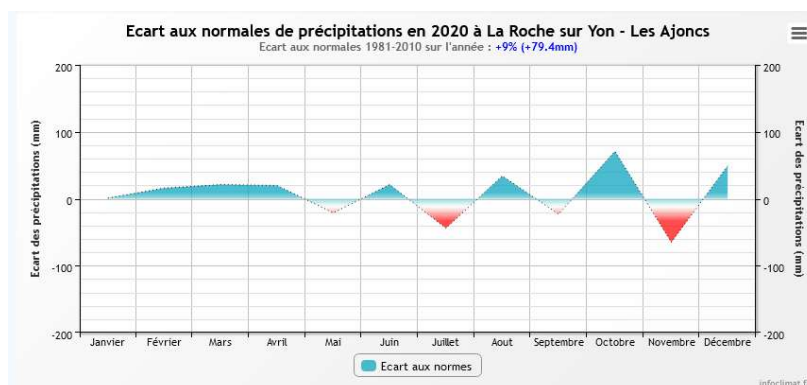
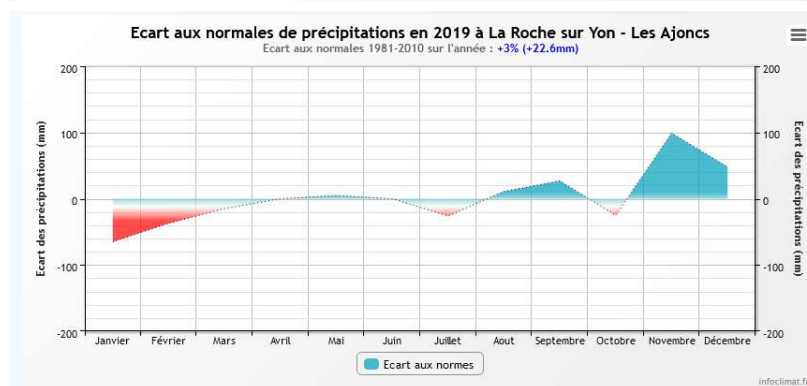
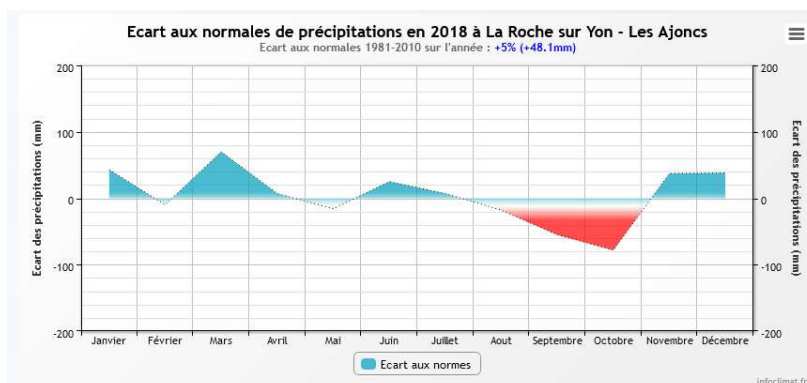
Les puits de produits phytosanitaires

Nous retrouvons donc dans l'air des produits phytosanitaires sous forme gazeuse et/ou particulaire. Une fraction des pesticides présente dans l'air va retourner au sol par les précipitations ou par dépôt sec. Le dépôt sec correspond à la fois à la chute par gravité des particules présentes dans l'air et aux dépôts d'espèces gazeuses par diffusion.

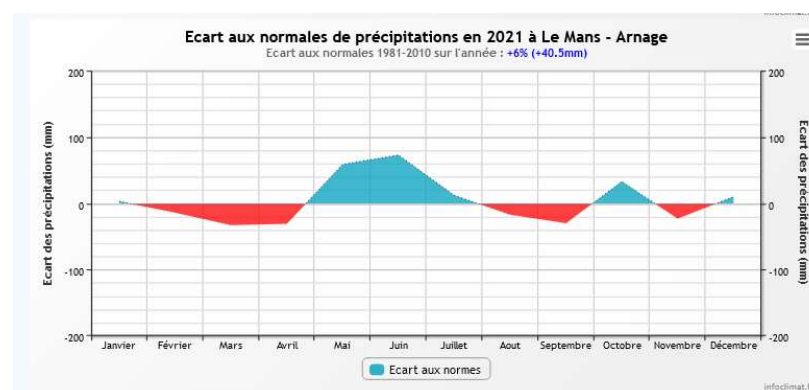
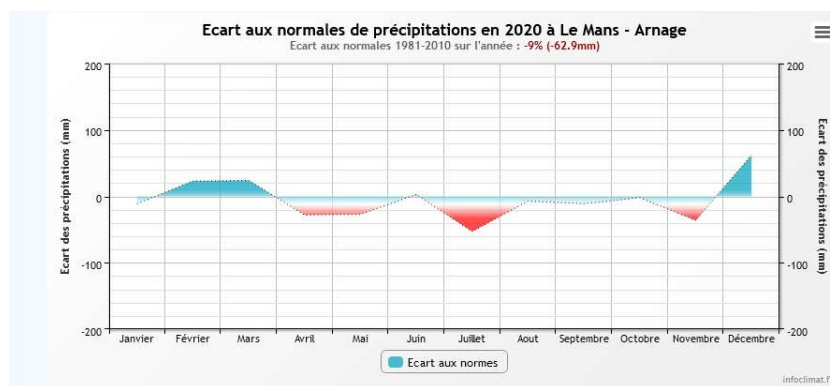
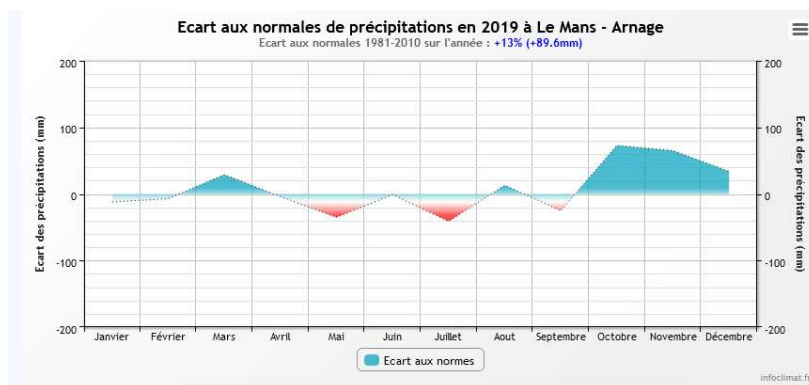
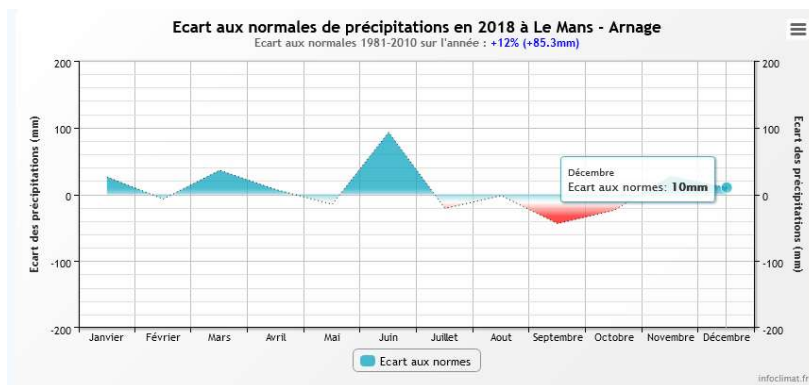
Enfin, certains pesticides présents dans l'air vont subir des réactions chimiques qui vont les dégrader en d'autres produits. Ces réactions de dégradation encore mal connues sont généralement des réactions d'oxydation avec notamment les radicaux OH, l'ozone et les oxydes d'azote présents dans l'atmosphère et des réactions de destruction par le rayonnement solaire (réactions de photolyse).

Annexe 3 : conditions météorologiques en 2018, 2019 et 2020

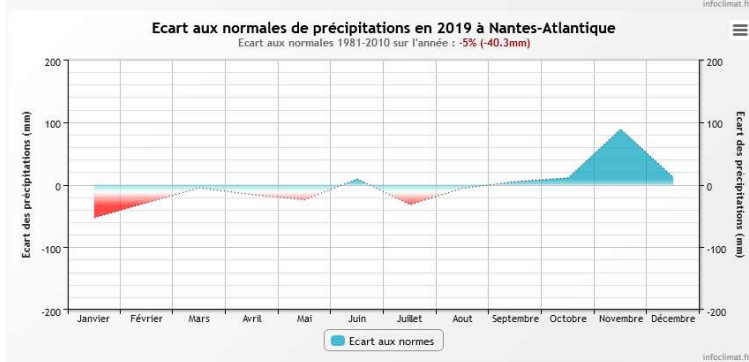
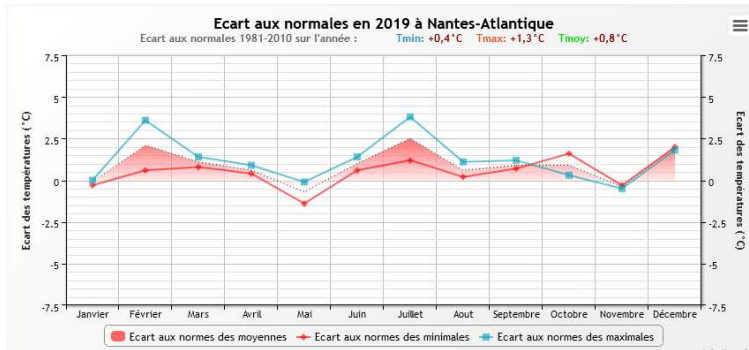
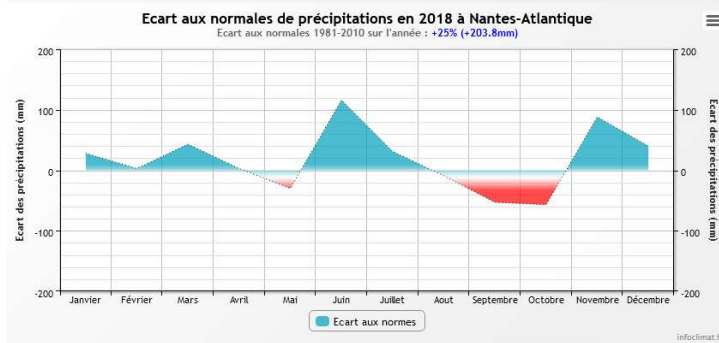
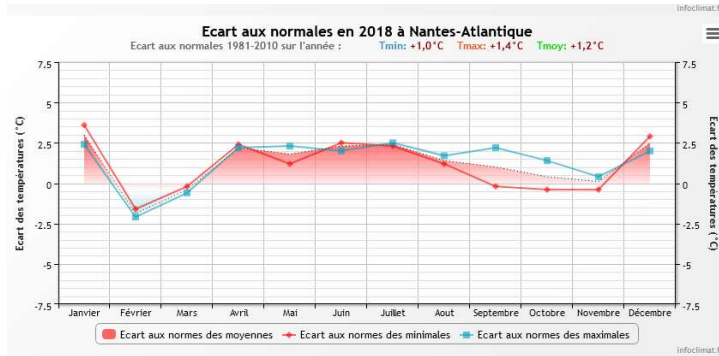
La Roche-sur-Yon

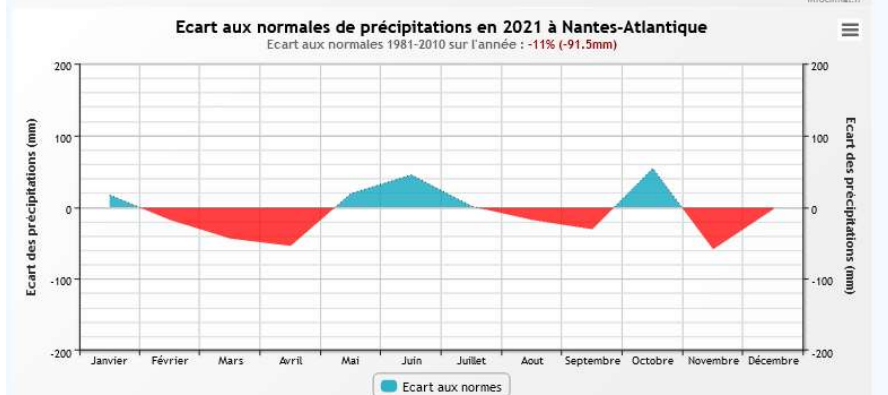
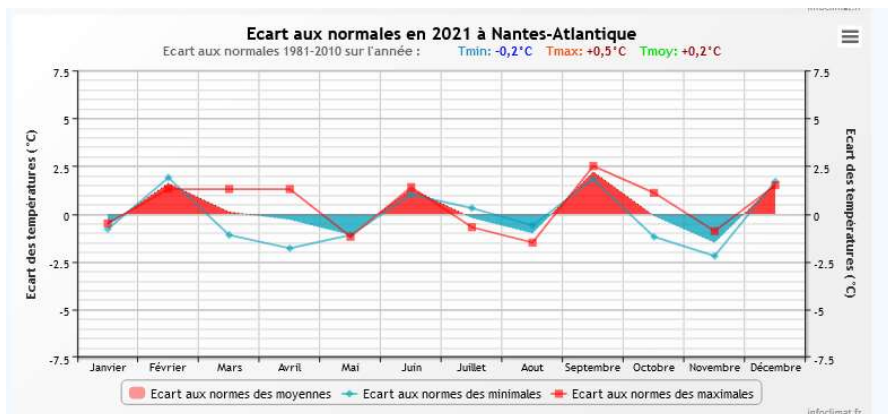
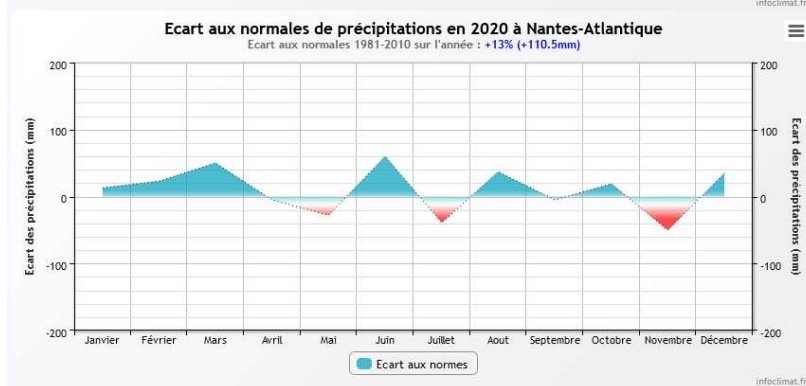
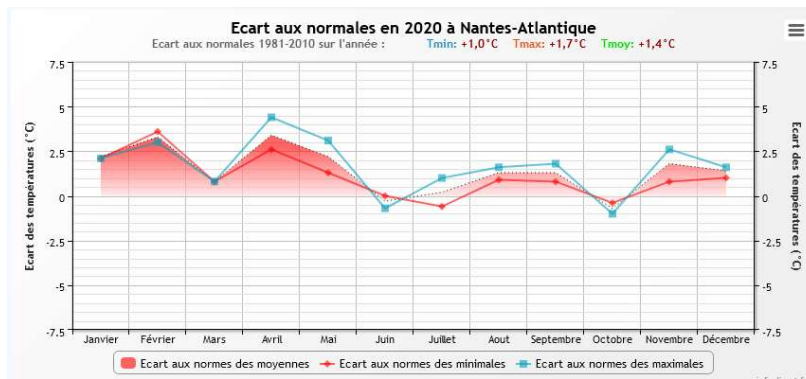


Le Mans



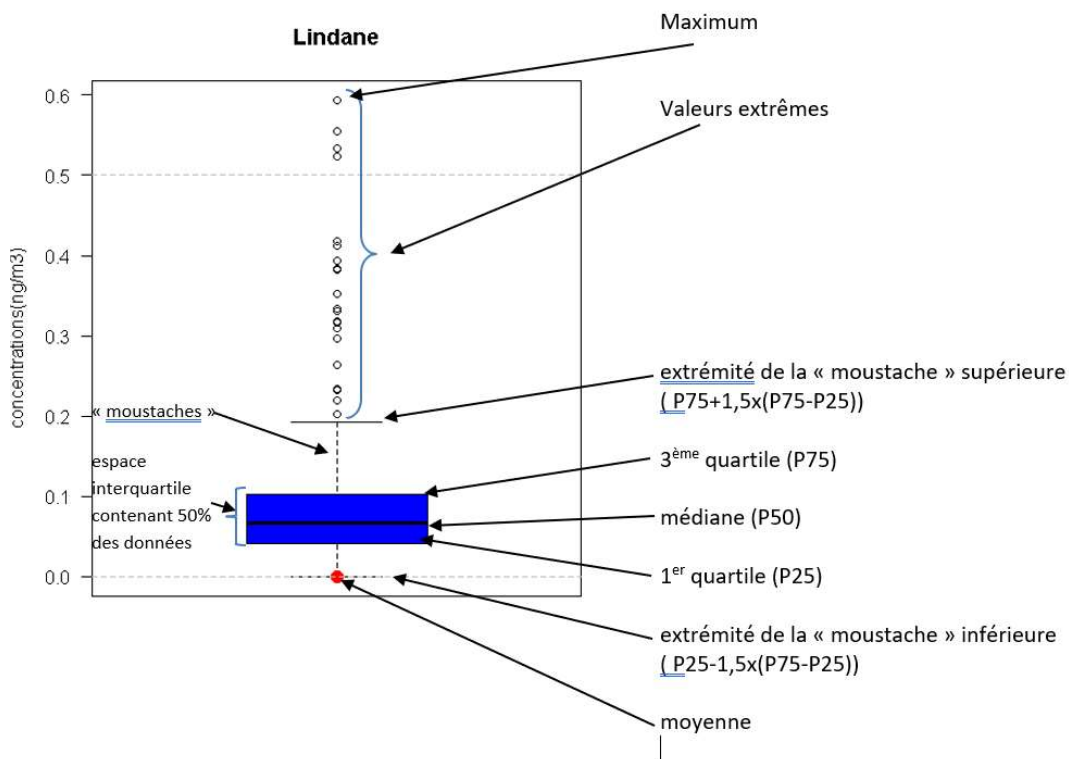
Nantes





Annexe 4 : définition d'un boxplot

Le Boxplot, appelé également « Boîte à moustaches », permet d'étudier la distribution des concentrations. Il représente d'une manière simple la répartition d'un groupe d'observations et synthétise une série de statistiques récapitulatives telles que la médiane, le 1^{er} et 3^{ème} quartile ainsi que les observations qui s'écartent fortement de la population étudiée dites valeurs extrêmes. La boîte mentionnée en bleu est un indicateur de la variabilité des mesures. Plus la boîte est grande plus la dispersion des valeurs est grande.





AIR PAYS DE LA LOIRE

5 rue Édouard-Nignon
CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3
Tél + 33 (0)2 28 22 02 02
Fax + 33 (0)2 40 68 95 29
contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org