



AtmoSud
Qualité de l'Air

Provence - Alpes - Côte d'Azur

Observatoire des Résidus de Pesticides dans l'air en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Bilan 2016/2017

RÉSUMÉ :

OBSERVATOIRE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS L'AIR EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Bilan 2016/2017

L'objectif de l'observatoire régional est d'établir un **état des lieux** des concentrations de résidus de pesticides dans l'air susceptibles d'être retrouvées dans la région et d'évaluer l'**exposition des populations** aux niveaux des pesticides présents dans l'atmosphère. Différents contextes de sources sont investigués (non agricoles, agricoles avec représentations des différentes filières : viticulture, arboriculture, maraîchage, grandes cultures...).

Les sites choisis sont les suivants :

- 2012 et 2013 : 4 sites urbains : Arles, Avignon, Toulon, Cannes et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères),
- 2014, 2015 et 2016 : 4 sites urbains : Port-de-Bouc, Avignon, Toulon, Nice et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères),
- 2017 : 3 sites urbains : Port-de-Bouc, Avignon, Nice et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères).

Les principaux résultats obtenus lors des campagnes 2016 et 2017 sont exposés ci-après.

Herbicides :

- Le maximum du cumul d'**herbicides** est enregistré systématiquement à **Cavaillon**, site rural, avec 4 ng.m⁻³ en 2015, 12 ng.m⁻³ en 2016 et 15 ng.m⁻³ en 2017. Le principal herbicide responsable de ces niveaux est la **pendiméthaline**. Elle est présente sur tous les sites. Elle est persistante et d'un grand confort d'utilisation, elle est utilisée en arboriculture, mais aussi très utilisée dans les espaces verts, voiries, gares, aéroports, stades ...
- Les cumuls de concentrations en herbicides ont fortement baissé depuis 2012 (-48 % à Cavaillon, -69 % en Avignon et -98 % à Toulon).
- **Les pourcentages moyens de détection** pour cette molécule sont de 36 % en 2015, 63 % en 2016 et 66 % en 2017.

Insecticides :

- Les échantillons de 2016 et 2017 indiquent une perte de la prédominance du **chlorpyrifos-éthyl** au profit de la **perméthrine**. Cette substance représente 28 % des concentrations en 2017, tous insecticides et sites confondus. Sa concentration atteint un maximum de 7 ng.m⁻³ à Nice en 2017.
- Le site rural de Cavaillon (Les Vignères) a longtemps enregistré les plus forts cumuls de **chlorpyrifos-éthyl** (2012 à 2015). Les concentrations cumulées du **chlorpyrifos-éthyl** ont considérablement chuté en 2016 et 2017. Enregistré à hauteur de 711 ng.m⁻³ en 2012 sur le site de Cavaillon, le **chlorpyrifos-éthyl** est relevé à 5 ng.m⁻³ en 2016 et 6 ng.m⁻³ en 2017. Ceci correspond à une diminution de -99 % entre 2012 et 2017.
- Le **lindane**, la **cyperméthrine**, le **fenoxycarbe** et le **piperonyl butoxide (PBO)** sont également retrouvés en 2016 et 2017.
- **Les concentrations de lindane les plus élevées sont observées en Avignon.** Celles-ci évoluent de 0,97 ng.m⁻³ en 2015 à 1,2 ng.m⁻³ en 2016 et 2,2 ng.m⁻³ en 2017. Soit une augmentation de 24 % en 2016 et 83 % en 2017. **Au total depuis 2012, le cumul des concentrations en lindane en 2017 a cependant diminué de 83 % en Avignon.**
- Le **lindane** est, comme les années précédentes, **retrouvé dans plus de 95 % des échantillons** et sur tous les sites. Cette substance est pourtant interdite depuis 1998. **Les concentrations moyennes sont en baisse de 85 % par rapport à 2012.**

Fongicides :

- Le principal résultat remarquable est l'absence du **folpel** dans tous échantillons en 2016. Malgré une double analyse des échantillons par le Laboratoire de Chimie de l'Environnement, sa présence n'a pas été découverte. Néanmoins, ce fongicide est la substance la plus enregistrée en 2017. Cette même année, les concentrations cumulées en folpel atteignent un maximum de 27 ng.m⁻³ en Avignon. Son usage est dominant dans le secteur de la vigne et en arboriculture. Cette molécule est présente sur tous les sites. **Les pourcentages moyens de détection** pour cette molécule sont de 6 % en 2015, 0 % en 2016 et 21 % en 2017.
- Le site rural de Cavaillon et celui urbain d'Avignon enregistrent les plus forts cumuls. En 2017, les concentrations cumulées en **folpel** atteignent un maximum de **27 ng.m⁻³ en Avignon**. Les concentrations cumulées de cette substance à Cavaillon varient de 107 ng.m⁻³ en 2012 à 19 ng.m⁻³ en 2017. Soit une diminution, par rapport à 2012, de -82 % pour 2017.

Globalement :

- De 2012 à 2017 pour les 2 sites d'Avignon et de Cavaillon, le cumul des concentrations a diminué de -90 % en moyenne sur l'ensemble des 59 molécules recherchées.
- Les résultats de l'année 2017 ont permis de mettre en évidence l'émergence de plusieurs composés jusqu'alors jamais ou très peu détectés.
- L'analyse sur les 6 dernières années des concentrations de pesticides avec les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la vitesse et la direction des vents permettent de corroborer l'influence du type de culture sur la fréquence et la provenance de certaines substances actives.
- Les résultats de l'ORP PACA ont été intégrés à la base de données nationale « pesticides » de la Fédération ATMO France et sont donc utilisés par une saisine nationale sur la thématique « pesticides ».
- **Dans le cadre du projet national de surveillance des pesticides, AtmoSud poursuit ses travaux en 2018.**

REMERCIEMENTS

AtmoSud remercie le Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE), la Chambre Régionale de l'Agriculture en Provence-Alpes-Côte d'Azur (CRA PACA), l'Agence Régionale de la Santé (ARS), la Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF), la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL PACA), le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Institut National de L'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) et l'ensemble des membres de l'Observatoire Régional des Résidus de Pesticides en Provence-Alpes-Côte d'Azur pour leur soutien et leur collaboration tout au long de ce projet.

PARTENAIRES

- LABORATOIRE DE CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT
- CHAMBRE REGIONALE DE L'AGRICULTURE
- DRAAF PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR
- CONSEIL REGIONAL PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR
- DREAL PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR
- ARS PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR
- CIRE SUD PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR
- INERIS

AUTEURS DU DOCUMENT

Nicolas Mari et Alexandre Armengaud (AtmoSud)

SOMMAIRE

1. Introduction / Contexte	6
2. Contexte général	7
2.1 Les pesticides : définition	7
2.2 La présence des pesticides dans l'air.....	8
2.3 Pesticides et santé.....	8
3. L'observatoire des résidus de pesticides en région Provence-Alpes-Côte d'Azur	10
3.1 Objectifs de l'ORP PACA	10
3.2 Organisation de l'observatoire	10
4. Choix techniques	11
4.1 Liste des molécules d'intérêt.....	11
4.2 Choix des sites d'étude.....	15
4.3 Stratégie d'échantillonnage 2012 – 2017.....	16
4.4 Analyses et prélèvements	17
5. Résultats	18
5.1 Nombre de molécules détectées.....	18
5.1.1 Herbicides	19
5.1.2 Insecticides.....	21
5.1.3 Fongicides	23
5.2 Concentrations mesurées.....	26
5.2.1 Concentrations cumulées par site.....	26
5.2.2 Concentrations cumulées par famille de pesticides : intercomparaison 2015, 2016, 2017	28
5.2.3 Évolutions depuis 2012	33
6. Étude particulière : le glyphosate	36
6.1 Qu'est-ce que le glyphosate	36
6.2 Le glyphosate est-il présent dans l'air ?	36
6.3 AtmoSud a recherché le glyphosate dans l'air pendant 3 ans	36
6.4 Méthodologie et analyse chimique	37
7. Conditions météorologiques et roses de fréquences	38
7.1 Températures et précipitations.....	38
7.2 Les vents	38
7.3 Roses de pollution	39
8. Conclusion	41
LISTE DES ANNEXES	43
ANNEXES	45

1. Introduction / Contexte

Dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE) Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), AtmoSud, en partenariat avec l'équipe Instrumentation et Réactivité Atmosphérique du Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE-IRA, Aix-Marseille Université), a réalisé un projet sur 3 ans (2011-2013) pour la mise en place d'un Observatoire des Résidus de Pesticides dans la région. Les objectifs de ce projet sont doubles ; d'une part, établir un **état des lieux** des concentrations de résidus de pesticides dans l'air susceptibles d'être retrouvés dans la région et d'autre part, évaluer l'**exposition des populations** aux niveaux des pesticides présents dans l'atmosphère.

- La première année (2011) a consisté à définir une liste de substances actives à surveiller et cibler les zones à surveiller. Cette liste a été définie à l'aide d'un comité d'experts. Cette même année 2011 a été consacrée à développer une méthode analytique (Norme NF X43-059) au sein du LCE-IRA et d'effectuer sur le site pilote d'Avignon : 16 prélèvements pendant la période intensive d'épandage (semaine 12 à 36) et 4 prélèvements pendant la période hivernale.
- La deuxième année (2012) a été consacrée à optimiser la méthode analytique ainsi qu'à déployer les prélèvements (114 échantillons prélevés) sur 5 sites de la région (Arles, Avignon, Cannes, Cavaillon (Les Vignères) et Toulon).
- La troisième année (2013) a été consacrée à la poursuite des mesures sur les mêmes sites à méthodologie constante. 115 échantillons ont été prélevés.
- La quatrième année (2014) a vu le changement de 2 sites ; Arles et Cannes ont été remplacés par Port-de-Bouc et Nice. 119 échantillons ont été prélevés.
- La cinquième année (2015) a été consacrée à la poursuite des mesures sur les mêmes sites que 2014. 113 échantillons ont été prélevés.
- La sixième année (2016) a été consacrée à la poursuite des mesures sur les mêmes sites que 2015. 135 échantillons ont été prélevés.
- La septième année (2017) a vu la suppression du site de Toulon. Aucun autre site n'est venu le remplacer. 106 échantillons ont été prélevés.

Le présent document fait l'objet de l'analyse des résultats de 2016 et 2017.

2. Contexte général

2.1 Les pesticides : définition

Le terme « pesticide » est une appellation générique désignant toutes les substances naturelles ou synthétiques utilisées pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes (micro-organismes, animaux ou végétaux) jugés indésirables ou nuisibles pour l'agriculture, mais également pour d'autres applications (hygiène et santé publiques, soins vétérinaires, traitements de surfaces non agricoles...)¹.

En fin de compte, le terme de pesticide, couramment employé, possède une définition étendue. Sa signification « réglementée » est liée à ses utilisations. Ainsi, une même matière active peut entrer dans la composition de plusieurs préparations commerciales aux usages variés.

Le cadre réglementaire concernant les substances pesticides est particulièrement complexe. Le terme « pesticide » regroupe une large gamme de molécules synthétiques ayant des utilisations diverses (Figure 1) comme :

- les produits phytopharmaceutiques (Règlement (CE) n°1107/2009),
- les produits biocides (Directives 98/8/CE et 2009/107/CE),
- les produits antiparasitaires humains (Directive 04/27/CE),
- les produits antiparasitaires vétérinaires (Directive 04/28/CE).

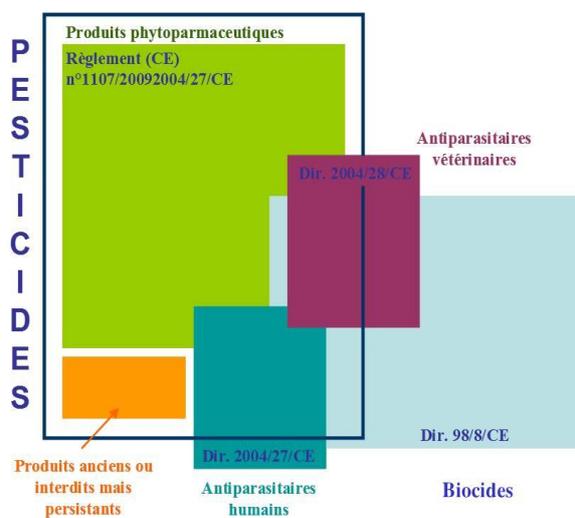


Figure 1 : Cadre réglementaire pour l'utilisation des pesticides (ORP)

De manière plus courante, les pesticides sont groupés selon la nature de l'espèce nuisible sur laquelle ils doivent agir. Cette étude porte sur les trois familles de pesticides communément appelées : **herbicides** (contre les "mauvaises herbes"), **insecticides** (contre les insectes, leurs larves et leurs œufs) et **fongicides** (contre les champignons, virus, et bactéries). En 2013, ces trois familles de pesticides représentaient 86 % du chiffre d'affaires français des ventes des produits phytopharmaceutiques².

¹ Observation des Résidus de Pesticides – ANSES – www.observatoire-pesticides.gouv.fr

² Union des Industries de la Protection des Plantes – UIPP – www.uipp.org

2.2 La présence des pesticides dans l'air

Il existe plusieurs façons d'appliquer les pesticides dans l'environnement. La plupart du temps, les formulations commerciales sont solubilisées ou diluées dans l'eau avant d'être pulvérisées sur les plantes ou le sol.

La contamination de l'air par les pesticides peut s'effectuer de trois manières différentes :

- par **dérive** au moment des applications,
- par **volatilisation** de post-application à partir des sols et plantes traités,
- par **érosion éolienne** sous forme adsorbée sur les poussières de sols traités.

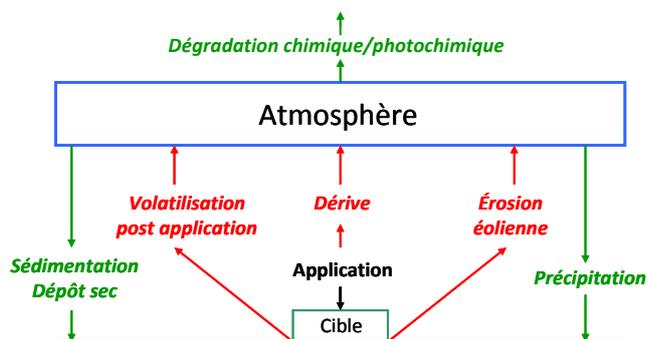


Figure 2 : Sources et puits de pesticides dans l'air

La **dérive** ou perte à l'épandage est la fraction de la pulvérisation qui n'atteint pas la cible (cultures, sol...) et qui est mise en suspension par le vent et les courants d'air. Cette voie de transfert peut conduire à des pertes supérieures à 50 % selon le mode de pulvérisation et les caractéristiques physico-chimiques du pesticide.

La **volatilisation** à partir des cibles traitées est également reconnue comme source de contamination de l'atmosphère. Plusieurs facteurs comme la nature du pesticide, les conditions météorologiques, les caractéristiques de la cible peuvent influencer la volatilisation (feuilles, sol...).

Enfin, l'**érosion éolienne** à partir de la plante ou des sols traités (c'est-à-dire le transfert par le vent sous forme de particules de sols ou de poussières contaminées) semble de moindre importance par rapport à la dérive et à la volatilisation.

La multiplicité des facteurs régissant ces différents mécanismes de contamination de l'air rend parfois l'interprétation des résultats difficile.

2.3 Pesticides et santé

L'utilisation des pesticides représente à l'heure actuelle un véritable enjeu sanitaire. Ce sujet de société s'accompagne de nombreuses questions et préoccupations de la part des consommateurs.

L'organisme humain peut être exposé selon différents modes (inhalation, ingestion, contact cutané) de façon directe ou indirecte. L'exposition directe (ou primaire) est souvent limitée dans le temps mais peut être importante. Elle concerne notamment les utilisateurs (agriculteurs, agents des collectivités, particuliers ...) lors de la manipulation des formulations commerciales contenant les pesticides. L'exposition indirecte (ou secondaire) concerne le reste de la population en général. Les expositions se font notamment par ingestion des résidus de pesticides présents dans les denrées alimentaires, par inhalation des molécules transportées après application même jusque dans l'intérieur des maisons, ou encore par contact avec une végétation traitée.

Les effets aigus rencontrés, notamment auprès des utilisateurs (exposition directe), ont déjà montré différents symptômes nauséux, respiratoires, cutanés... Ces manifestations visibles des effets que peuvent engendrer les pesticides sont sans commune mesure avec les effets sub-chroniques ou chroniques de ces molécules.

En effet, bon nombre d'entre elles ont des caractéristiques cancérigène, mutagène, génotoxique connues. Il est pourtant difficile, malgré moult études scientifiques, de tirer des enseignements clairs et consensuels sur le sujet.

En mai 2012, une maladie professionnelle consacrant le lien entre la maladie de Parkinson et l'exposition aux pesticides a été identifiée³, suite à la reconnaissance de cette maladie contractée par un agriculteur de Moncontour (Côtes

³ Décret n° 2012-665 du 4 mai 2012 révisant et complétant les tableaux des maladies professionnelles en agriculture annexés au livre VII du code rural et de la pêche maritime.

d'Armor). Certaines catégories professionnelles (agriculteur) sont plus sujettes à développer certaines pathologies (cancer du sang, de la prostate). Le lien de cause à effet reste toutefois difficile à démontrer (le bilan tout au long de la vie est difficile à réaliser) et ce encore plus pour la population générale pour laquelle l'exposition aux pesticides sur le long terme est encore plus difficile à établir. Le rôle des pesticides est notamment fortement suspecté dans le développement d'un certain nombre de pathologies, tels que les troubles neuro-dégénératifs (Parkinson), les troubles de la reproduction, des problèmes de fertilité, des effets hématologiques (leucémies, lymphomes...).

A noter que l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) et l'Institut de veille sanitaire (InVS) ont chacun publié début 2013 un rapport d'expertise consacré aux pesticides. L'Inserm présente une synthèse et des recommandations sur les relations entre la santé et les pesticides⁴, tandis que l'InVS présente un rapport sur l'exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement consacré notamment aux pesticides⁵.

⁴ Inserm, Pesticides et santé – Effets sur la santé. Les éditions Inserm, 2013, 161 p.

⁵ Fréry N, Guldner L, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Bidondo ML. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Tome 2 - Polychlorobiphényles (PCB-NDL) et pesticides. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 178 p.

3. L'observatoire des résidus de pesticides en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Dans le cadre du Plan Régional Santé Environnement (PRSE 2) en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (2009-2013) et du plan Ecophyto dont l'objectif principal est de réduire l'usage des pesticides. AtmoSud, en partenariat avec le Laboratoire de Chimie de l'Environnement (Aix-Marseille Université) a proposé en 2011 de mettre en œuvre un Observatoire Régional des Pesticides (ORP PACA) dans l'atmosphère.

Ce projet, soutenu financièrement par l'Agence Régionale de la Santé (ARS PACA), la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL PACA) et le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, a été mis en place depuis 2012 sur sept sites régionaux (Port-de-Bouc, Arles, Avignon, Cavaillon, Toulon, Cannes et Nice) couvrant 4 départements (Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Var et Vaucluse).

3.1 Objectifs de l'ORP PACA

Les principaux objectifs de cet observatoire concernent :

- l'évaluation de l'exposition des populations aux niveaux de pesticides présents dans l'atmosphère,
- le suivi des concentrations en lien avec le plan de réduction prévu dans le cadre d'Ecophyto sur plusieurs secteurs (zones et cultures différentes),
- l'accompagnement des acteurs : de la santé (ARS, professionnels...) ; du monde agricole (Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DRAAF), chambres d'agriculture, professionnels...), la DREAL et des collectivités.
- l'information des différents publics,
- l'alimentation de la base nationale de l'Observatoire des Résidus de Pesticides⁶ (ORP) et la contribution aux travaux nationaux.

3.2 Organisation de l'observatoire

La coordination de l'observatoire est assurée par AtmoSud. La mise en œuvre opérationnelle est assurée par :

- AtmoSud : échantillonnage, transport et traitement des données,
- l'équipe Instrumentation et Réactivité Atmosphérique du Laboratoire de Chimie de l'Environnement (LCE-IRA, Aix-Marseille Université) : préparation des supports de prélèvement, analyse et traitement des données.

Afin de répondre au mieux aux objectifs et de définir les choix techniques, un **comité de pilotage régional** a été mis en place dès le début de l'année 2011, mettant en relation AtmoSud, la DRAAF Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'ARS Provence-Alpes-Côte d'Azur, la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'INERIS, la Chambre Régionale de l'Agriculture et le Laboratoire de Chimie de l'Environnement.

⁶ Observatoire des Résidus de Pesticides – ANSES – www.observatoire-pesticides.gouv.fr

4. Choix techniques

4.1 Liste des molécules d'intérêt

La liste des substances actives à suivre a été définie :

- Sur la base de la liste socle de l'ORP national (composée de 41 molécules⁷)
- Complétée, avec l'appui de l'INERIS (via l'utilisation du logiciel Sph'Air),
- Adaptée, aux spécificités régionales selon l'expertise de la DRAAF Provence-Alpes-Côte d'Azur et de l'ARS Provence-Alpes-Côte d'Azur,
- Contrainte, par la prise en compte des difficultés analytiques, sur la base de l'expertise du Laboratoire de Chimie de l'Environnement.

Cette démarche a été notamment alimentée par le retour d'expériences des travaux menés dans d'autres régions françaises (15 ans d'expérience pour certaines) et par le groupe de réflexion ALPHA.

Cette liste contient, pour les années 2012 et 2013, **43 composés : 18 herbicides, 13 insecticides et 12 fongicides**. Parmi les 41 molécules de la liste socle nationale⁶, 21 molécules n'ont pas été retenues, car elles ne sont plus commercialisées et/ou plus utilisées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Depuis 2015, **7 nouvelles molécules ont été recherchées : 3 herbicides (isoproturon, métolachlore et flumioxazine), 3 fongicides (boscalid, spiromaxime, iprodione) et 1 insecticide (thiamethoxame)**.

En 2017, **9 nouvelles molécules ont été recherchées : 4 herbicides (clomazone, dimethenamid-P, lenacil et triallat), 4 fongicides (époxyconazole, fenpropidine, fluazinam, tolyfluanid) et 1 insecticide (chlorpyrifos-méthyl)**.

Le choix de ces molécules a été effectué en fonction du type de cultures présentes en Provence-Alpes-Côte d'Azur, de leur toxicité, de leur classification comme molécule potentiellement cancérigène ainsi que de la capacité à les identifier analytiquement.

Les Tableau 1, Tableau 2 et Tableau 3 présentent respectivement la liste des molécules herbicides, insecticides et fongicides recherchées.

Tableau 1 . Liste des molécules herbicides d'intérêt

Molécules herbicides ⁸	CAS	Famille chimique
2,4-D	94-75-7	Aryloxy-acide
2,4-MCPA	94-74-6	Aryloxy-acide
Aclonifen	74070-46-5	Diphényl-éther
Amitrole	61-82-5	Triazole
Chlorprophame	101-21-3	Carbamate
Clomazone	81777-89-1	Oxazolidine
Diclofop-méthyl	51338-27-3	Aryl-oxyphenoxy-propionate
Diflufénican	83164-33-4	Pyridine-carboxamide

⁷ Observatoire des Résidus de Pesticides – ANSES – www.observatoire-pesticides.gouv.fr

⁸ Les molécules notées d'un astérisque * sont classées comme cancérigène, reprotoxique et/ou mutagène – Centre International de Recherche contre le cancer (CIRC) et/ou agence Américaine de Protection de l'Environnement (US EPA)

Dimethenamid-P	163515-14-8	Chloroacetamide
Flazasulfuron	104040-78-0	Sulfonylurée
Flumioxazine	103361-09-7	Phtalimide
Flurochloridone	61213-25-0	Pyrrolidone
Fluroxypyr	69377-81-7	Pyridine
Isoproturon	34123-59-6	Urée
Lenacil	2164-08-1	Uracile
Linuron*	330-55-2	Urée
Métazachlore	67129-08-2	Acétamide
Métolachlore	51218-45-2	Organochloré
Oxadiazon	19666-30-9	Oxadiazole
Pendiméthaline*	40487-42-1	Dinitroaniline
Propyzamide*	23950-58-5	Benzamide
Prosulfocarbe	52888-80-9	Carbamate
Sulcotrione	99105-77-8	Tricétone
Terbutylazine	5915-41-3	Triazine
Triallat	2303-17-5	Carbamate

Cas particulier : Le glufosinate d'ammonium (CAS 51276-47-2) et le glyphosate (CAS 1071-83-6), deux herbicides de la famille des organophosphorés, ont été recherchés en 2014 et 2015 sur les sites de Port-de-Bouc et de Nice. La période d'échantillonnage, les modes de prélèvement et d'extraction étant particulier, ces deux pesticides sont traités à part.

Tableau 2 . Liste des molécules insecticides d'intérêt

Molécules insecticides⁹	CAS	Famille chimique
Chlorpyriphos-éthyl	2921-88-2	Organophosphoré
Chlorpyriphos-méthyl	5598-13-0	Organophosphoré
Cyperméthrine*	52315-07-8	Pyréthriñoïde
Deltaméthrine	52918-63-5	Pyréthriñoïde

⁹ Les molécules notées d'un astérisque * sont classés comme cancérigène, reprotoxique et/ou mutagène – CIRC et/ou US EPA

Diflubenzuron ^a	35367-38-5	Benzoyl-urée
Esbiothrine ^a	84030-86-4	Pyréthroïde
Fenoxycarbe	72490-01-8	Carbamate
Fipronil	120068-37-3	Phényl-pyrazole
Imidaclopride	105827-78-9	Néonicotinoïde
Lambda-cyhalothrine	91465-08-6	Pyréthroïde
Lindane	58-89-9	Organochloré
Perméthrine *	52645-53-1	Pyréthroïde
Piperonyl Butoxide ^{b*}	51-03-6	Non classé
Pyrimicarbe	23103-98-2	Carbamate
Thiamethoxame	153719-23-4	Néonicotinoïde

^a : Le **diflubenzuron** (autorisé en agriculture mais très peu utilisé dans la région pour les usages agricoles) et l'**esbiothrine** (non autorisée en agriculture) sont suivies spécifiquement pour prendre en compte les pratiques de démoustication.

^b : Le **piperonyl butoxide** (PBO) n'est pas une molécule insecticide mais un adjuvant de formulation. Sa présence est un marqueur de la famille des pyréthroïdes. Pour des raisons pratiques, cette molécule est associée au groupe des insecticides.

Tableau 3 . Liste des molécules fongicides d'intérêt

Molécules fongicides ¹⁰	CAS	Famille chimique
Boscalid	188425-85-6	Carboxamide
Cymoxanil	57966-95-7	Acétamide
Cyprodinil	121552-61-2	Anilino-pyrimidine
Difenoconazole	119446-68-3	Triazole
Diméthomorphe	110488-70-5	Morpholine
Epoxyconazole *	135319-73-2	Azole
Fenhexamid	126833-17-8	Hydroxyanilide
Fenpropidine	110-91-8	Morpholine
Fenpropimorphe *	67564-91-4	Morpholine

¹⁰ Les molécules notées d'un astérisque * sont classés comme cancérigène, reprotoxique et/ou mutagène – CIRC et/ou US EPA

Fluazinam	79622-59-6	Pyridinamine
Flusilazole*	85509-19-9	Triazole
Folpel*	133-07-3	Phtalimide
Iprodion	36734-19-7	Nématicide
Krésoxim-méthyl*	143390-89-0	Stobilurine
Pyrimethanil	53112-28-0	Anilino-pyrimidine
Spiroxamine	118134-30-8	Spirocétalamine
Tébuconazole	107534-96-3	Triazole
Tétraconazole*	112281-77-3	Triazole
Tolyfluanid	731-27-1	Sulfamide

4.2 Choix des sites d'étude

L'objectif de l'observatoire régional est de suivre dans le temps le niveau de contamination de l'air ambiant vis-à-vis des substances actives phytosanitaires dans différents contextes de sources (non agricoles, agricoles avec représentations des différentes filières : viticulture, arboriculture, maraîchage, grandes cultures...). Les sites choisis doivent également donner une image pertinente de l'exposition moyenne des populations (Figure 3). 5 sites de mesures ont été retenus :

- 2012 2013 : 4 urbains : Arles, Avignon, Toulon, Cannes et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères),
- 2014, 2015 et 2016 : 4 urbains : Port de Bouc, Avignon, Toulon, Nice et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères),
- 2017 : 3 urbains : Port de Bouc, Avignon, Nice et 1 site rural : Cavaillon (Les Vignères).

Les caractéristiques de la majorité de ces sites et l'étude de leur occupation du sol environnante sont décrites dans le rapport de l'ORP PACA 2012¹¹.



Figure 3 : localisation des sites de mesures en fonction des années de 2012 à 2017

¹¹ ORP PACA : résultats 2012 : http://www.atmopaca.org/files/et/131031_AIRPACA_ORPPACA_pesticides_2012_AA.pdf

4.3 Stratégie d'échantillonnage 2012 – 2017

- La planification des prélèvements a été réalisée selon les recommandations de l'ANSES et du Groupe de Réflexion ALPHA :
- Réalisation de 20 prélèvements (de 48 heures) par site pendant la période de traitement intensif d'avril à septembre.
- Réalisation de 4 prélèvements (de 48 heures) par site sur le reste de l'année. Ces prélèvements sont utilisés pour déterminer les niveaux de fond.
- Pour satisfaire au mieux les représentativités spatiale et temporelle, il a été décidé de réaliser les prélèvements sur l'ensemble des sites de façon simultanée.
- Chaque période d'échantillonnage est accompagnée d'un « blanc » terrain afin de s'affranchir de toute pollution éventuelle induite lors du prélèvement.

Tableau 4 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2012

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Arles	0	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	2	24
Avignon	0	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	2	24
Cannes	0	1	0	3	4	4	0	0	3	0	1	2	18
Cavaillon	0	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	2	24
Toulon	0	1	0	4	4	4	0	4	4	0	1	2	24
Total	0	5	0	19	20	20	0	16	19	0	5	10	114 échantillons

Tableau 5 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2013

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Arles	1	1	0	4	4	2	2	4	4	0	1	1	24
Avignon	1	1	0	4	4	2	2	4	4	0	1	1	24
Cannes	1	1	0	4	4	2	2	0	3	0	1	1	19
Cavaillon	1	1	0	4	4	2	2	4	4	0	1	1	24
Toulon	1	1	0	4	4	2	2	4	4	0	1	1	24
Total	5	5	0	20	20	10	10	16	19	0	5	5	115 échantillons

Tableau 6 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2014

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	1	1	0	4	4	2	2	4	3	1	1	1	24
Cavaillon	1	1	0	4	4	2	2	4	3	1	1	1	24
Nice	0	2	0	4	4	2	2	3	3	1	1	1	23
Port de Bouc	1	1	0	4	4	2	2	4	3	1	1	1	24
Toulon	1	1	0	4	4	2	2	4	3	1	1	1	24
Total	4	6	0	20	20	10	10	19	15	5	5	5	119 échantillons

Tableau 7 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2015

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	1	1	0	4	2	2	4	4	3	1	1	1	24
Cavaillon	1	0	0	4	2	2	4	3	3	0	1	1	21
Nice	1	1	0	4	2	2	4	3	3	1	1	1	23
Port de Bouc	1	1	0	4	2	2	3	4	3	0	1	1	22
Toulon	1	0	0	4	2	2	4	4	3	1	1	1	23
Total	5	3	0	20	10	10	19	18	15	3	5	5	113 échantillons

Tableau 8 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2016

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	1	1	0	4	4	4	4	4	2	2	1	1	28
Cavaillon	1	1	0	4	4	4	4	4	2	2	1	1	28
Nice	1	1	0	4	4	4	4	4	2	2	1	1	28
Port de Bouc	1	1	0	4	4	4	4	4	2	2	1	1	28
Toulon	1	1	0	4	4	4	4	4	0	0	0	1	23
Total	5	5	0	20	20	20	20	20	8	8	4	5	135 échantillons

Tableau 9 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2017

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	1	1	0	4	4	4	4	4	2	1	1	0	27
Cavaillon	1	1	0	4	4	0	4	4	2	1	1	1	28
Nice	1	1	0	4	4	4	4	4	2	1	1	1	24
Port de Bouc	1	1	0	3	4	4	4	4	2	1	1	1	27
Total	4	4	0	15	16	12	16	16	8	4	4	3	106 échantillons

Au total, 703 échantillons ont été récoltés et analysés entre 2012 et 2017.

4.4 Analyses et prélèvements

La méthode de prélèvements est identique depuis 2012 sur tous les sites. Elle est basée sur l'utilisation d'un sandwich mousse/résine/mousse + filtre exposé pendant 48h à l'aide d'un préleveur haut débit. L'ensemble des éléments techniques sont décrits dans les documents (AtmoSud 2011, 2012 et 2013).

5. Résultats

La Figure 4 présente l'évolution du nombre de molécules détectées en fonction des sites et de l'année.

5.1 Nombre de molécules détectées

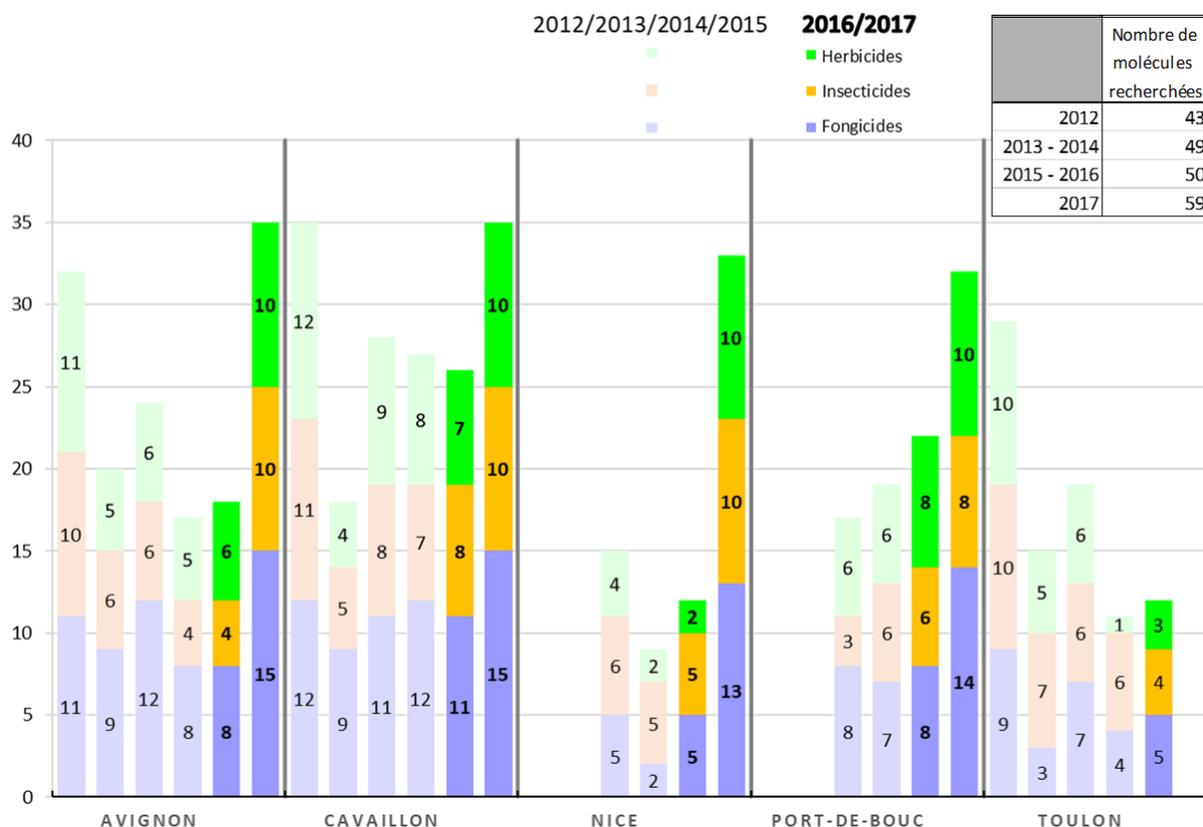


Figure 4 : Nombre de molécules détectées entre 2012 et 2017

Entre 2012 et 2017, le nombre de molécules recherchées a augmenté. Il est donc délicat de comparer les résultats obtenus annuellement. Néanmoins, en analysant les données concernant les herbicides, les insecticides et les fongicides séparément, de grandes tendances ressortent. À noter qu'en 2014, les sites d'Arles et Cannes ont été abandonnés au profit de Port-de-Bouc et Nice. Lors de la campagne 2016, le site de Toulon a été supprimé et non remplacé.

Malgré l'augmentation du nombre de molécules recherchées, la tendance entre 2012 et 2016 est à la baisse sur tous les sites sauf pour Port-de-Bouc. En général, les fongicides sont les composés les plus détectés et le site rural de Cavaillon le plus impacté. En ce qui concerne la campagne de 2017, la tendance est à la hausse. Avignon, avec 35 molécules détectées, rejoint Cavaillon en tête du site le plus marqué.

En moyenne, le nombre de composés trouvés est de 29 sur 43 en 2012 (67%), 18 sur 50 en 2016 (36%) et 34 sur 59 en 2017 (58%).

5.1.1 Herbicides

- 2016 :

En moyenne, 5 herbicides sur 21 sont détectés en 2016, soit 24 %. Le nombre de molécules détectées atteint un maximum de 8 à Port-de-Bouc et un minimum de 2 à Nice (Figure 4).

En observant plus précisément le pourcentage de détection par molécule d'herbicides (Figure 5), la **pendiméthaline** est la substance la plus présente sur les cinq sites d'études. Les taux de détection les plus élevés sont aperçus sur les sites de Cavaillon, Avignon et Port-de-Bouc. Les pourcentages sont respectivement de 100 %, 96 % et 88 %. Les valeurs minimales sont de 26 % à Toulon et 4 % à Nice.

Dans une moindre mesure, le **chlorpropham** et le **diflufenican** sont des herbicides mesurés sur une majorité des sites. Le **chlorpropham** est présent à Cavaillon et Port-de-Bouc, c'est la substance la plus détectée à Nice (43%). Quant au **diflufenican**, seul le site de Nice ne détecte pas cette molécule, alors qu'en Avignon, le pourcentage de détection pour ce composé est de 43 %.

- 2017 :

En 2017, 10 herbicides sur 25 sont détectés en moyenne (Figure 4), soit un pourcentage de détection de 40 %. Le nombre de molécules détectées est de 10 sur tous les sites. Cette augmentation globale est encore plus significative à Nice (Figure 5) où l'accroissement est en majeure partie dû à l'émergence de composés recherchés dans le passé, mais jamais observés sur ce site (le **diclofop-Méthyl**, le **flurochloridone**, le **métazachlore**, l'**oxadiazon**, le **propyzamide** et le **prosulfoarbe**).

Seule une nouvelle substance est observable ; le **triallat**. Elle est remarquable sur tous les sites de mesures. Sa valeur maximale est constatée à Cavaillon et Avignon (43 %) et sa valeur minimale à Nice (14 %). Bien que la **pendiméthaline** reste l'herbicide le plus trouvé à Cavaillon, bien d'autres composés ont vu leur nombre de détections grimper. Ainsi, le **métolachlore**, l'**oxadiazon**, le **propyzamide**, le **prosulfoarbe** et le **métazachlore** se retrouvent à des taux élevés partout. En ce qui concerne le **métazachlore**, les pourcentages sont compris entre 78 % à Cavaillon et 43 % en Avignon. Ce qui en fait un des herbicides les plus présents lors de la campagne 2017.

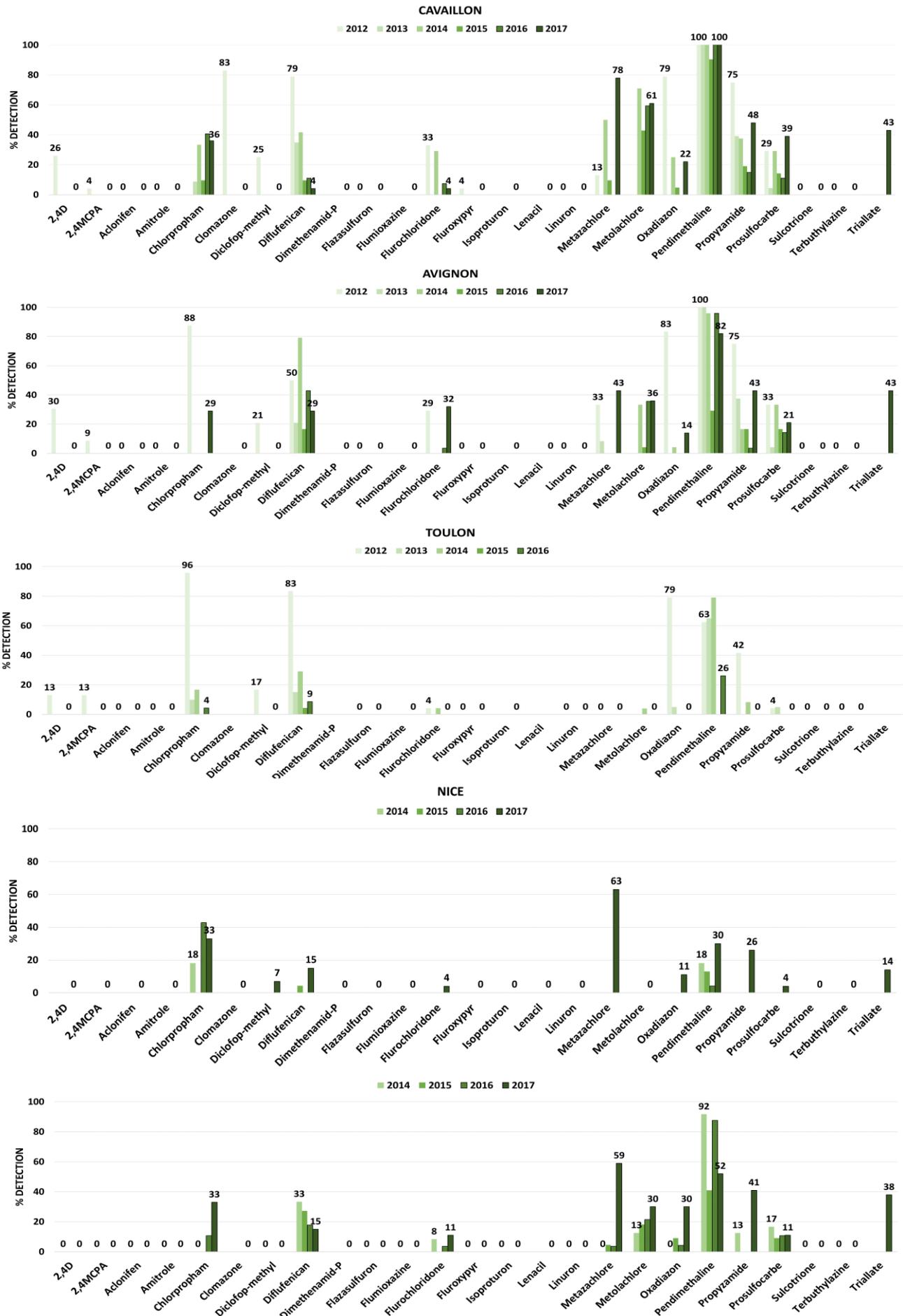


Figure 5 : Herbicides : Pourcentage de détection par molécules d'herbicides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port-de-Bouc

5.1.2 Insecticides

- 2016 :

En 2016, 5 insecticides sur 14 (36 %) sont détectés, en moyenne. Le plus grand nombre de substances retrouvées est de 8 pour le site rural de Cavaillon. Sur les sites d'Avignon et de Toulon, seulement 4 molécules sont détectées (Figure 4).

L'insecticide le plus fréquemment retrouvé sur l'ensemble des sites de mesures est le **lindane**. Cette substance, interdite à la vente en 1998, est présente sur près de 100 % des échantillons sur l'ensemble de la région (Figure 6). Ce résultat indique une rémanence très forte de ce composé, observée depuis les débuts des observations en Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Le **chlorpyrifos-éthyl** et le **pyperonyl butoxide** ont également été détectés plusieurs fois. Le premier admet un pourcentage de détection compris entre 78 % à Cavaillon et 26 % à Toulon. Tandis que le deuxième atteint 89 % à Nice et un minimum de 19 % à Cavaillon.

- 2017 :

En moyenne et pour l'année 2017, 7 insecticides sur 15 ont été détectés (47 %). La totalité des sites ont enregistré une augmentation de détection des molécules recherchées. La plus importante des augmentations est observée en Avignon, où 10 molécules ont été repérées au lieu de 4 pour l'année précédente. Cavaillon et Nice enregistrent aussi 10 composés identifiés tandis qu'à Port-de-Bouc 8 insecticides ont été trouvés (Figure 4).

Les insecticides les plus présents en 2017 restent les mêmes qu'en 2016 (Figure 6). Le **lindane** est présent sur 100 % des relevés. Le **chlorpyrifos-éthyl** suit une tendance à la baisse alors que le **pyperonyl butoxide** a plus tendance à augmenter notamment à Nice où le pourcentage de détection atteint 93 %.

Lors de l'exercice 2017, le **chlorpyrifos-méthyl** est l'unique insecticide à avoir été ajouté dans la liste des molécules recherchées. D'après la **Figure 6** **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, ce composé a été observé à de multiples reprises à des taux de détection ayant une valeur de 57 % pour Cavaillon, 50 % pour Avignon, 36 % pour Nice et 23 % pour Port-de-Bouc. Enfin, d'autres substances obtiennent un pourcentage de détection élevé alors que les résultats des années antérieures étaient faibles, voire nuls. Ces molécules sont la **cyperméthrine**, le **fenoxycarbe** et la **perméthrine**. L'un des sites prouvant le mieux cette soudaine augmentation est Nice, où les insecticides obtiennent leur plus fort résultat. Les composés y sont observés à des pourcentages de détection de 67 % pour la **cyperméthrine**, 37 % pour le **fenoxycarbe** et 78 % pour la **perméthrine**.

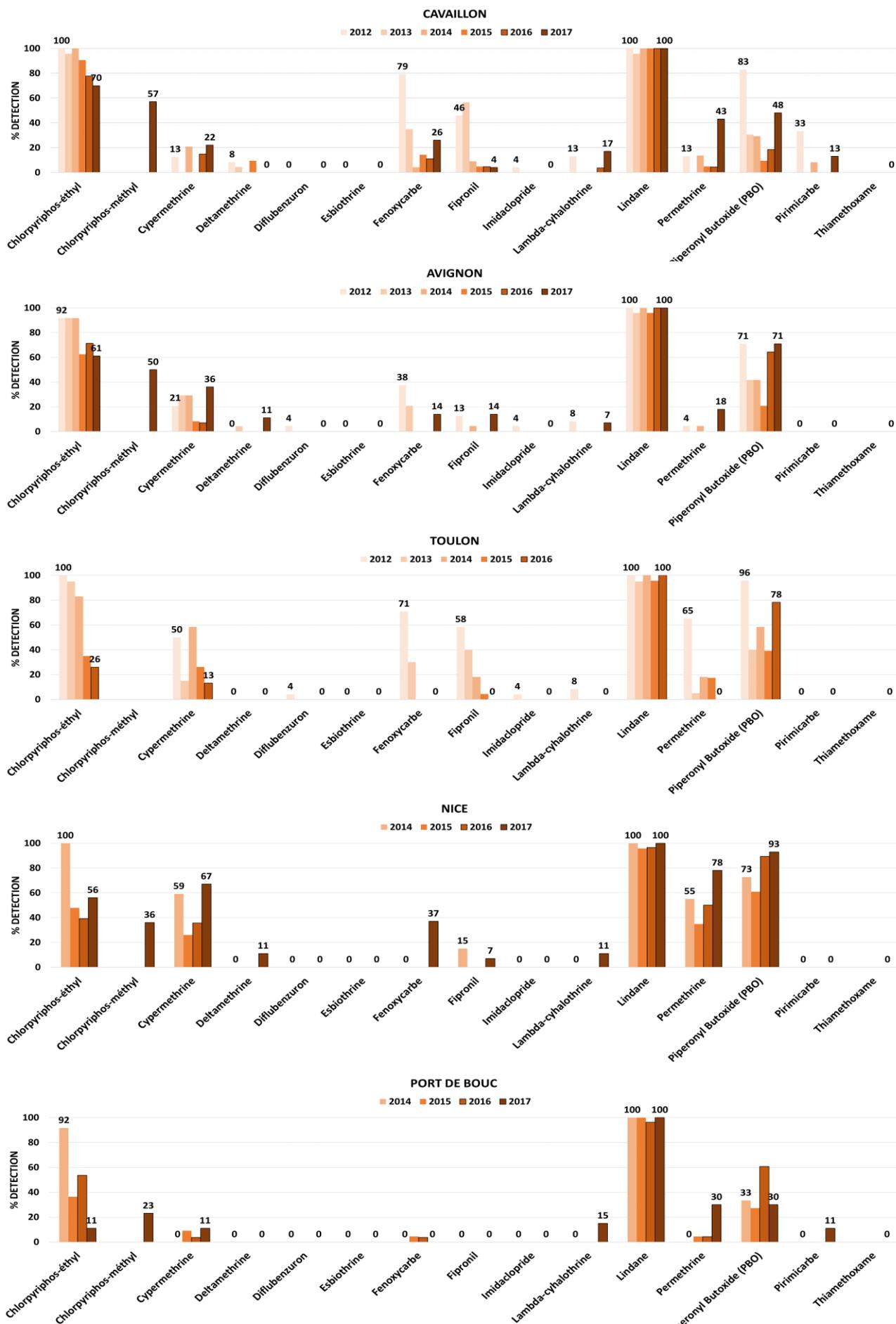


Figure 6 : Insecticides : Pourcentage de détection par molécules d'insecticides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port-de-Bouc

5.1.3 Fongicides

- 2016 :

L'année 2016 a enregistré une moyenne de 9 fongicides sur 15 détectés (60 %). Le site le plus impacté est celui de Cavaillon avec 11 molécules détectées, et le site le moins impacté est Nice avec 5 molécules détectées. Sur les sites d'Avignon et de Port-de-Bouc, 8 fongicides ont été repérés (Figure 4).

Le **boscalide** et le **tébuconazole** sont les deux molécules les plus observés sur tous les sites de mesures (Figure 7). En 2016, le Boscalid est repéré à plus de 60 % à Cavaillon, Avignon et Port-de-Bouc. Quant au **tébuconazole**, le pourcentage de détection est compris entre 81 % à Cavaillon et 61 % à Nice.

Le site rural de Cavaillon enregistre d'autres molécules ayant un pourcentage élevé de détection. Le **dimétomorphe**, le **krésoxim-méthyl** et le **tétraconazole** en font partie avec plus de 30 % de détection.

- 2017 :

En moyenne, 14 fongicides sur 19 sont observés (74 %) pour l'année 2017. Tous les sites d'études sont touchés par une forte augmentation du nombre de molécules détectées. Les sites d'Avignon et Cavaillon ont détecté 15 fongicides, et les sites de Nice et Port-de-Bouc ont respectivement détectés 13 et 14 fongicides (Figure 4).

Les composés les plus souvent retrouvés restent le **boscalide** et le **tébuconazole** (Figure 7). Le premier tend à l'augmentation sur tous les sites tandis que le second enregistre une diminution de détection. Le **boscalide** est détecté à 61 % à Cavaillon, 68 % en Avignon, 41 % à Nice et 52 % à Port-de-Bouc. L'année 2017 marque la réapparition du **folpel** sur tous les sites de mesures, ainsi que du **cyprodinil** à des taux plutôt élevés.

Sur les 4 fongicides nouvellement analysés, 3 ont été aperçus (l'**epoxiconazole**, le **fluazinam** et le **tolyfluanid**). Les résultats les plus élevés sont constatés à Nice pour le **tolyfluanid** (64 %) et en Avignon pour l'**epoxiconazole** (29 %).

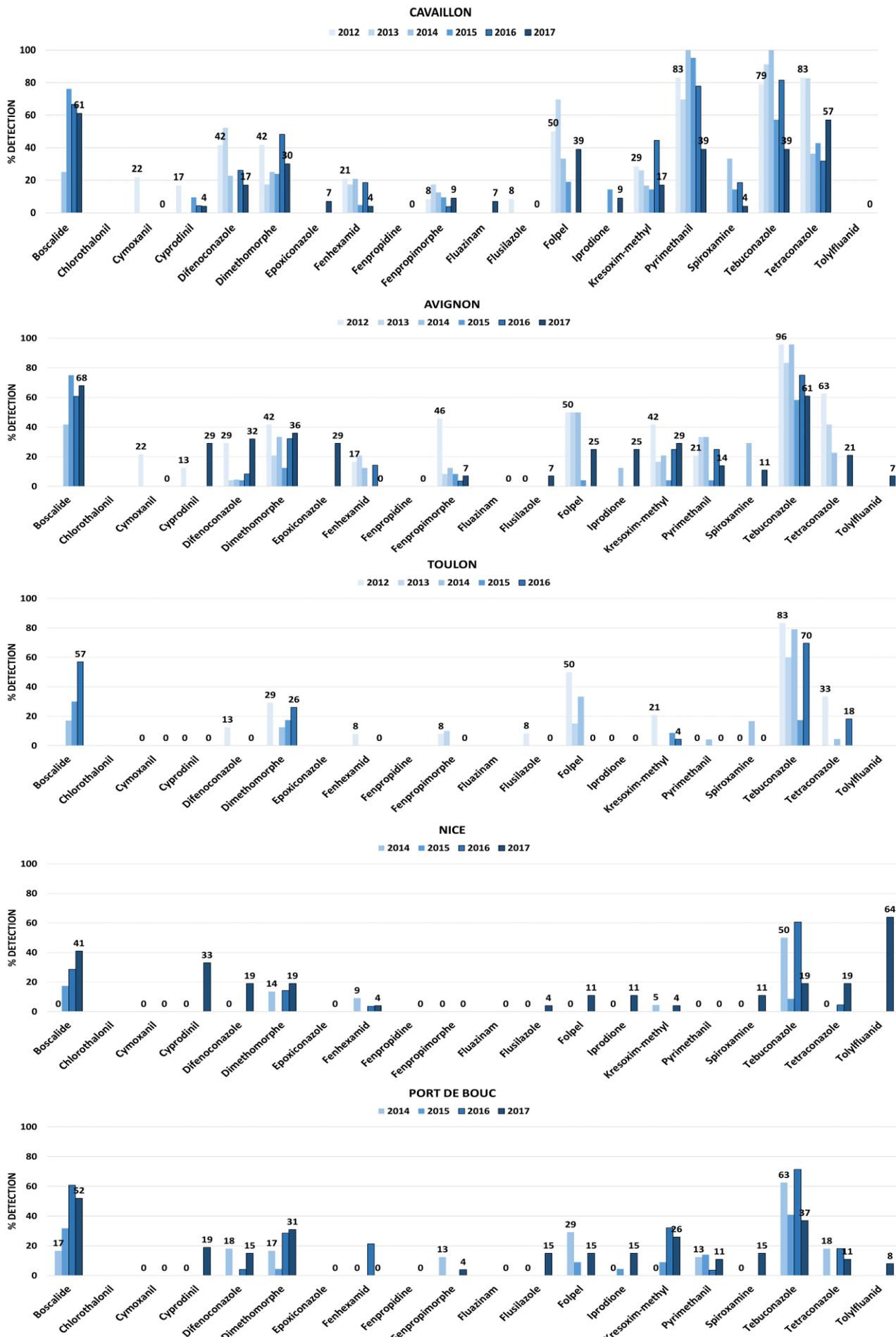


Figure 7 : Fongicides : Pourcentage de détection par molécules de fongicides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port-de-Bouc

En conclusion :

Le nombre de substances actives détectées est croissant entre 2016 et 2017. Alors que la tendance était à la baisse, les résultats finaux s'apparentent à ceux obtenus en 2012 en terme de quantité de composés relevés.

Depuis 2012, 14 molécules n'ont jamais été détectées, ce qui correspond à 23 % des composés recherchés. Ces molécules sont 11 herbicides (l'**aclonifène**, l'**amitrole**, le **clomazone**, le **diméthénamide-P**, le **flazasulfuron**, la **flumioxazine**, l'**isoproturon**, le **lenacil**, le **linuron**, la **sulcotrione** et la **terbuthylazine**), 2 insecticides (l'**esbiothrine** et le **thiaméthoxame**) et 1 fongicide (la **fenpropidine**).

La **pendiméthaline** est l'herbicide ayant la plus grande fréquence de détection (66 %). Cette substance est majoritairement utilisée pour lutter contre les mauvaises herbes. Son taux de détection est maximal à Cavaillon (100%). Le **lindane** (98 %), malgré son interdiction depuis 1998, est l'insecticide le plus fréquemment détecté. La persistance de cette molécule est notamment dû à une rémanence élevée et une dégradation faible. Le **chlorpyrifos-éthyl** (71 %), utilisé principalement pour le traitement des vignes, et le **piperonyl Butoxide** (52 %), un synergisant, sont aussi des insecticides souvent quantifiés. Le **tébuconazole** (64 %) et le **boscalide** (29 %) sont les fongicides les plus remarquables. Un grand nombre de fongicides sont détectés et notamment sur Cavaillon, où les pourcentages de détection sont les plus élevés.

En 2017, 5 des 9 nouvelles molécules recherchées sont détectées (le **triatlalt**, le **Chlorpyrifos-Méthyl**, l'**epoxiconazole**, le **fluazinam** et le **tolyfluanid**). L'augmentation considérable du nombre de molécules détectées est un phénomène d'ampleur régional. L'apparition de composés déjà recherchés dans le passé, mais jamais ou très peu détectés, fait la particularité de l'année 2017.

5.2 Concentrations mesurées

5.2.1 Concentrations cumulées par site

La Figure 8 présente le détail des concentrations cumulées par site, pour les années 2015, 2016 et 2017. Le cumul intègre les trois familles de polluants : herbicides, insecticides, fongicides.

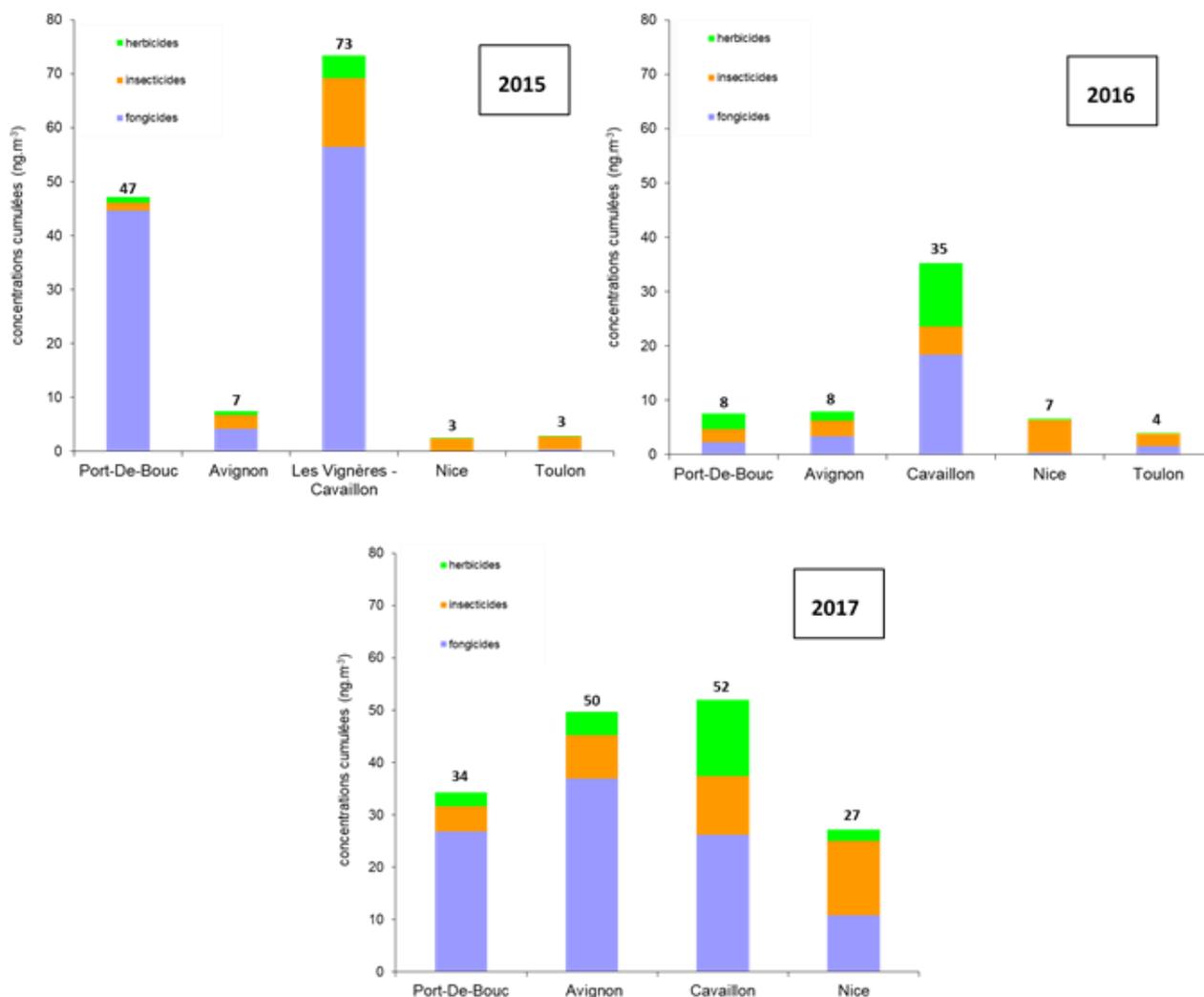


Figure 8 . Concentrations cumulées par site : 2015, 2016, 2017

La baisse des teneurs en concentrations cumulées, remarquée entre 2012 et 2015, est toujours d'actualité en 2016 (Figure 8). Cependant, l'année 2017, enregistre, à nouveau, une augmentation des concentrations cumulées.

D'après le Tableau 10, les sites comptant les diminutions les plus importantes en 2016 sont Cavaillon et Port-de-Bouc. En prenant l'année 2015 pour référence, Cavaillon a vu son cumul de concentrations chuter de - 52 %. Néanmoins, ce site rural reste toutefois le plus impacté, les concentrations cumulées relevées en 2016 atteignaient 35 ng.m⁻³. L'année 2017 marque la hausse des concentrations avec une augmentation de +49 % par rapport à 2016. En ce qui concerne Port-de-Bouc, la baisse est de - 83 % entre 2015 et 2016. Les concentrations cumulées relevées en 2016 sont de 8 ng.m⁻³, parmi les moins contaminés avec Avignon, Nice et Toulon.

Dans le même temps, pour l'année 2016, il n'a pas été relevé de grandes différences sur les sites d'Avignon, Nice et Toulon, par rapport à 2015. Les concentrations cumulées ont tout de même augmentées pour ces sites et représentent respectivement +14 %, +133 % et +33 %.

En 2017, l'augmentation la plus singulière concerne Avignon, où les concentrations cumulées passent de 8 ng.m⁻³ à 50 ng.m⁻³, soit une hausse de +525 % par rapport à 2016. En 2017, Nice enregistre des cumuls en forte hausse (+286 %) par rapport à 2016. Ce lieu relève tout de même les concentrations cumulées les plus faibles, à savoir 27 ng.m⁻³.

La principale raison de la baisse observée en 2016 est l'absence du folpel, fongicide présent à des taux élevés les années précédentes. La réapparition du folpel en 2017 explique aussi l'augmentation globale observée en 2017. De plus, l'addition de nouveaux composés dans toutes les familles de pesticides recherchées vient accentuer cette tendance, constatée sur tous les sites de mesures. Entre 2015 et 2017, le pourcentage de variation des concentrations est contrasté. Cavaillon et Port-de-Bouc voient leur cumul diminuer de -29 % et -27 % respectivement. À contrario, Avignon et Nice voient leur cumul augmenter respectivement de +614 % et de +800 %.

Tableau 10 . Pourcentages de variations des concentrations cumulées globales

	2015	2016v2015	2017v2016		2017v2015
Avignon	REF	+14%	+525%		+614%
Cavaillon	REF	-52%	+49%		-29%
Nice	REF	+133%	+286%		+800%
Port-de-Bouc	REF	-83%	+325%		-28%
Toulon	REF	+33%			

5.2.2 Concentrations cumulées par famille de pesticides : intercomparaison 2015, 2016, 2017

5.2.2.1 Herbicides

La Figure 9 représente le cumul des concentrations en herbicides lors des campagnes 2015, 2016 et 2017. Le maximum de cumul en herbicides est systématiquement enregistré à Cavaillon. La tendance à la baisse, relevée depuis 2012, est bien présente jusqu'en 2015 (4 ng.m⁻³). Après cette année, les concentrations augmentent, et atteignent 12 ng.m⁻³ en 2016 et 15 ng.m⁻³ en 2017.

Le principal herbicide responsable de ces niveaux est la **pendiméthaline**. La concentration maximale de ce composé est toujours relevée à Cavaillon (3 ng.m⁻³ en 2015 et 10 ng.m⁻³ en 2016 et 2017). Cette substance est présente sur tous les sites. Associé à un important pourcentage de détection (Figure 5), l'utilisation de la **pendiméthaline** semble avoir été importante durant les deux dernières années d'études.

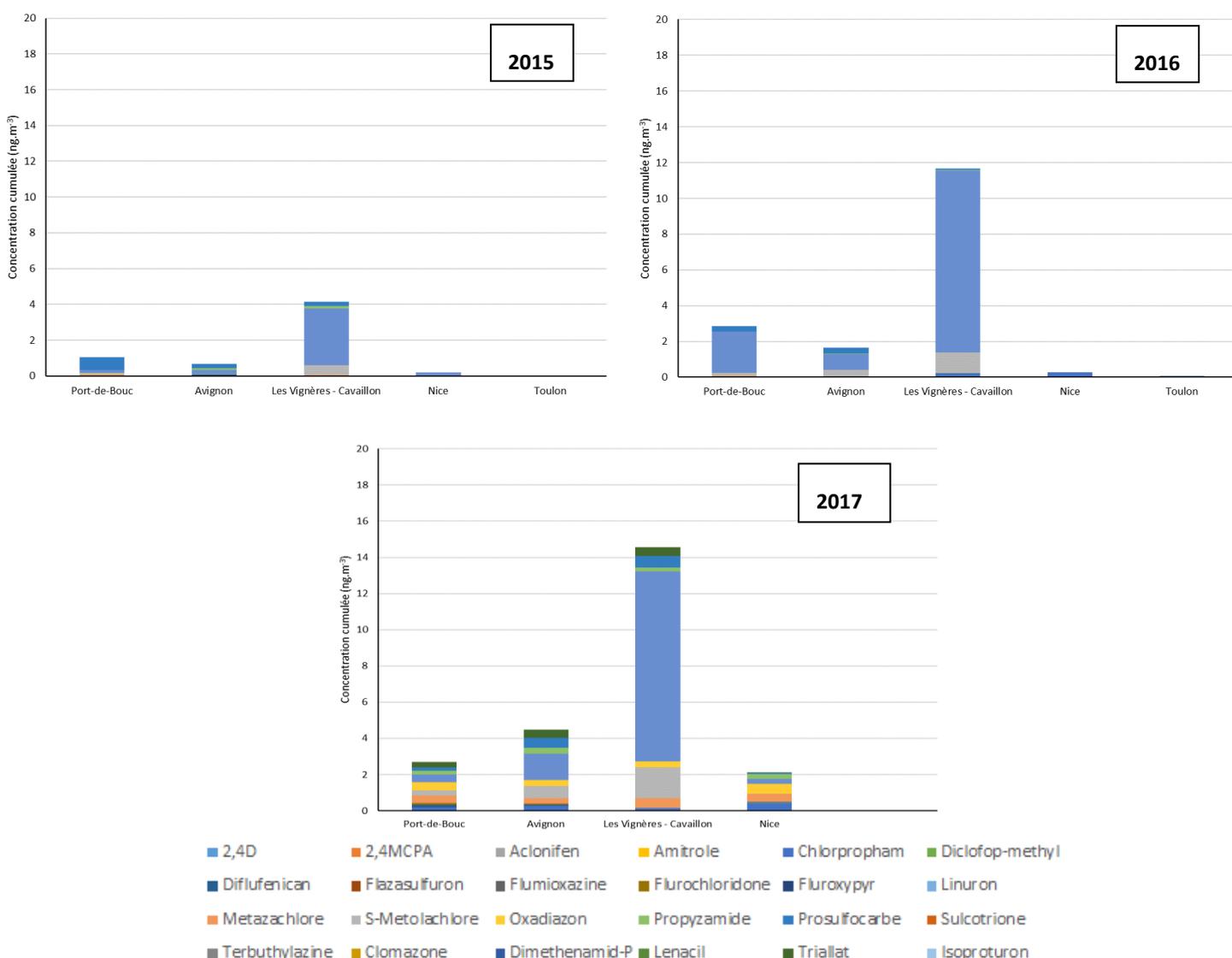


Figure 9 : Concentrations cumulées en herbicides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

La Figure 10 présente les mêmes cumuls d'herbicides par année, mais en excluant la **pendiméthaline**. Il apparaît alors d'autres composés, pour lesquels des niveaux de concentrations cumulées sont mesurés à des taux non négligeables. Mise à part la **pendiméthaline**, la majorité des concentrations rencontrées proviennent du **métolachlore**. Ce composé est présent partout sauf à Nice. Les concentrations relevées pour cette substance sont en progression constante.

Le **prosulfocarbe** et le **chlorpropham** sont aussi détectés lors des campagnes 2016 et 2017. Ces deux herbicides sont couramment observés depuis 2012. Il est intéressant de relever les particularités de l'année 2017. Tous les sites ont enregistré l'émergence des mêmes substances actives en de faibles quantités. Ainsi, le **triallat**, la **propyzamide**, l'**oxadiazon** et le **métazachlore** font leur apparition.

À Cavaillon, où l'impact des herbicides est plus important que sur les autres sites, la **pendiméthaline** constitue 87 % et 72 % de la quantité totale de pesticides détectés respectivement en 2016 et 2017.

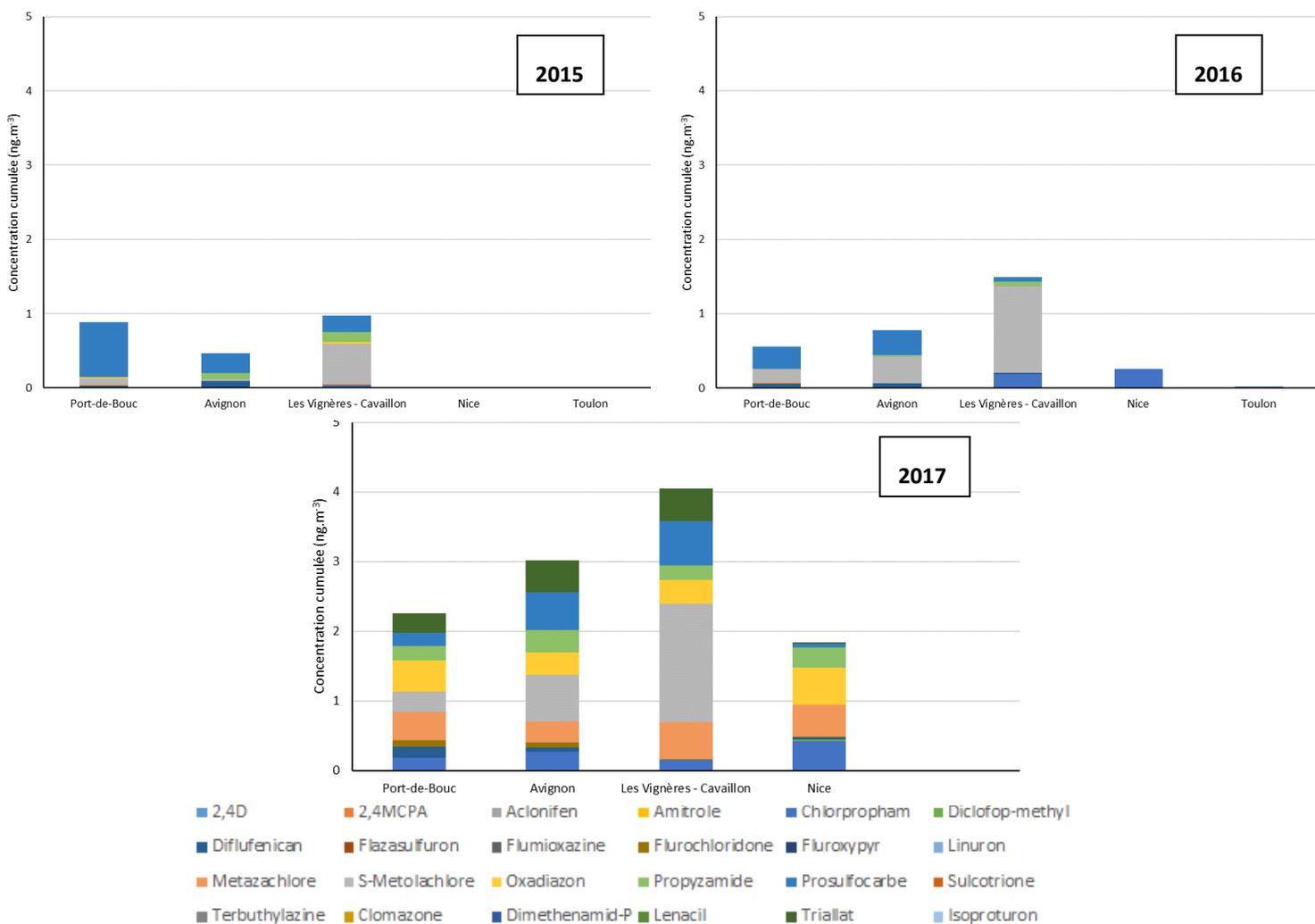


Figure 10 : Concentrations cumulées en herbicides (pendiméthaline exclue) : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

5.2.2.2 Insecticides

La Figure 11 présente les concentrations cumulées des molécules d'insecticides recherchées. Le premier constat remarquable est la perte de la prédominance du **chlorpyrifos-éthyl** par rapport aux autres molécules insecticides. La concentration de ce composé est en baisse depuis 2012 et atteint un minimum en zone rural en 2016. Enregistré à hauteur de 711 ng.m⁻³ en 2012 sur le site de Cavaillon, le chlorpyrifos-éthyl est retrouvé à 5 ng.m⁻³ en 2016 pour la même zone. Cette variation de concentrations cumulées représente une diminution de - 99 %.

Ceci a permis de mettre en avant un autre insecticide : la **perméthrine**. Relevée presque essentiellement à Nice en 2016, cette molécule est localisable sur tous les sites de mesures en 2017, et représente 28 % des concentrations tous insecticides et sites confondus cette même année. Sa concentration aboutit à un maximum de 7 ng.m⁻³ à Nice en 2017. À noter que les fréquences de détections restent plus importantes pour le **chlorpyrifos-éthyl** que pour la **perméthrine**.

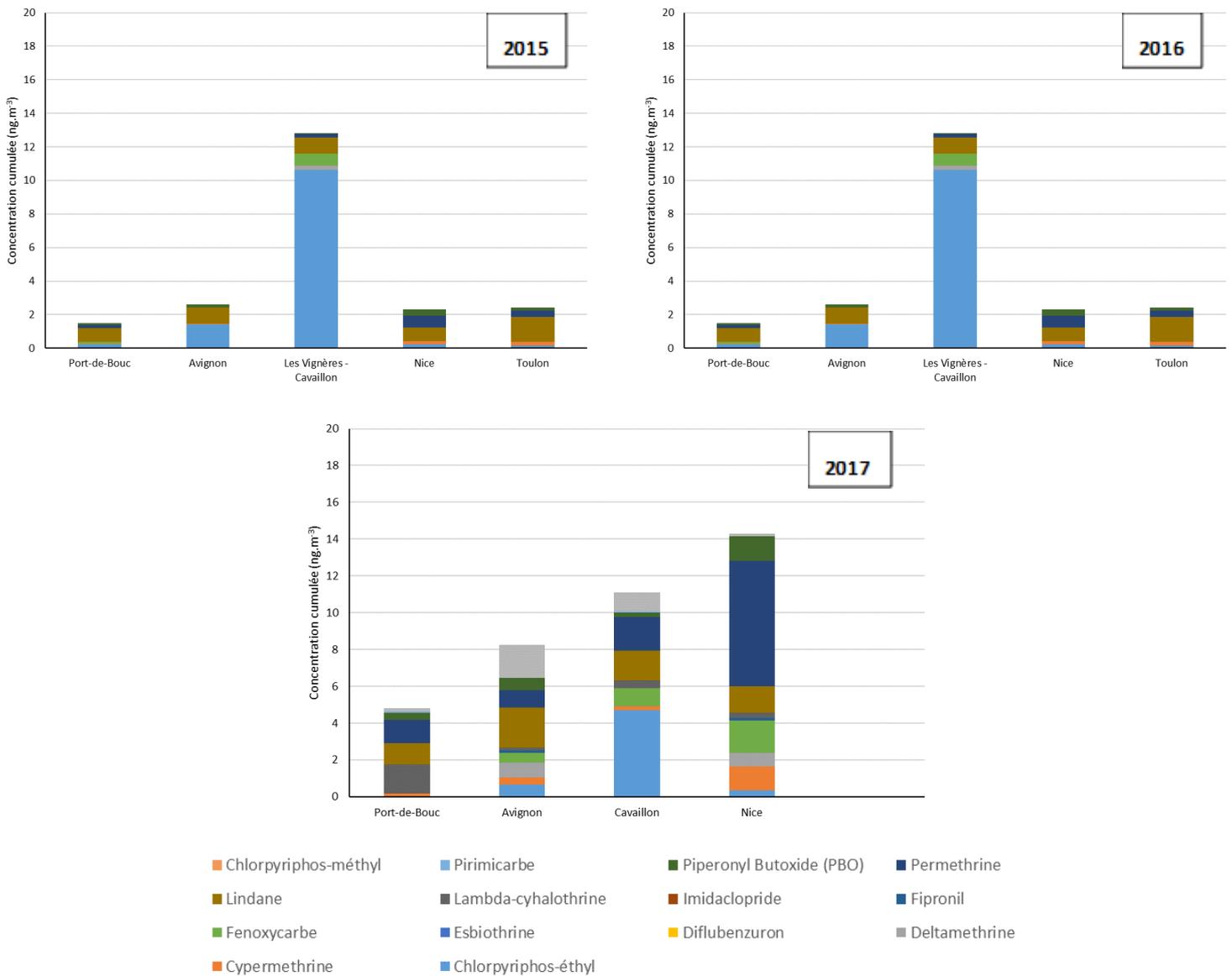


Figure 11 : Concentrations cumulées en insecticides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

La Figure 12 illustre les concentrations cumulées d'insecticides en excluant le **chlorpyrifos-éthyl**, afin de préciser l'identification des autres composés. Le **lindane**, composé le plus fréquemment détecté (100 % en 2017), est retrouvé chaque année, et ce, sur tous les sites. La rémanence du lindane est aussi vérifiée sur toute la France. Sa concentration est variable suivant les années, mais reste assez constante pour la définir comme un niveau de fond.

Plusieurs autres molécules telles que la **cyperméthrine**, le **fenoxycarbe** et le **pipéronyl butoxide** ont été quantifiés. Ces dernières obtiennent leurs concentrations les plus importantes à Nice. L'évolution des concentrations entre 2016 et 2017 semble être faiblement à la hausse. De plus, le **chlorpyrifos-méthyl**, molécule nouvellement recherchée, est présente notamment en Avignon à hauteur de 2 ng.m⁻³.

Ces résultats mettent en lumière l'influence de la **perméthrine** au dépend du **chlorpyrifos-éthyl**. Habituellement dominant vis-à-vis des autres insecticides, l'utilisation du **chlorpyrifos-éthyl** a fortement baissé depuis 2012. En 2017, le site de Nice se dégage des autres emplacements.

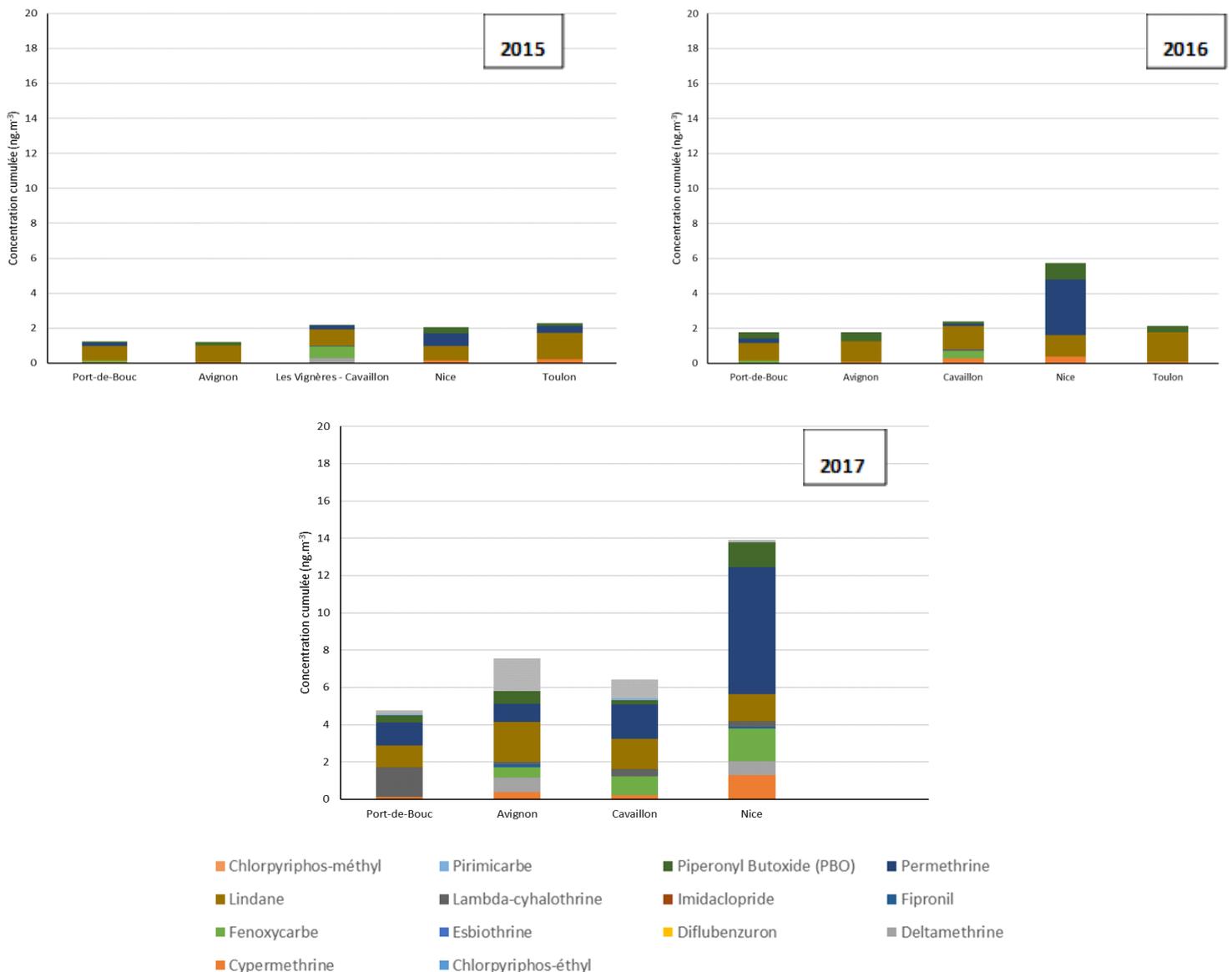


Figure 12 : Concentrations cumulées (chlorpyrifos-éthyl exclu) en insecticides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

5.2.2.3 Fongicides

La Figure 13 présente les concentrations cumulées des molécules fongicides recherchées. Depuis 2012, la majorité des concentrations en fongicides est représentée par le **folpel**, excepté en 2016 où la molécule n'a pas été détectée. Utilisé plus généralement dans le traitement des vignes, il est le fongicide ayant les plus fortes concentrations ces dernières années. Assez peu détectées en 2015, comparées aux années antérieures, ses concentrations cumulées atteignent tout de même 44 ng.m⁻³ à Port-de-Bouc et 49 ng.m⁻³ à Cavaillon. Malgré son absence en 2016, le folpel réapparaît sur tous les sites en 2017. Durant cette dernière année, la teneur la plus importante de ce composé est observé en Avignon avec 27 ng.m⁻³.

Le site rural de Cavaillon et celui d'Avignon enregistrent les plus forts cumuls depuis 2012. Les concentrations cumulées en **folpel** à Cavaillon varient de 107 ng.m⁻³ en 2012, à 19 ng.m⁻³ en 2017, soit une diminution de - 82 %.

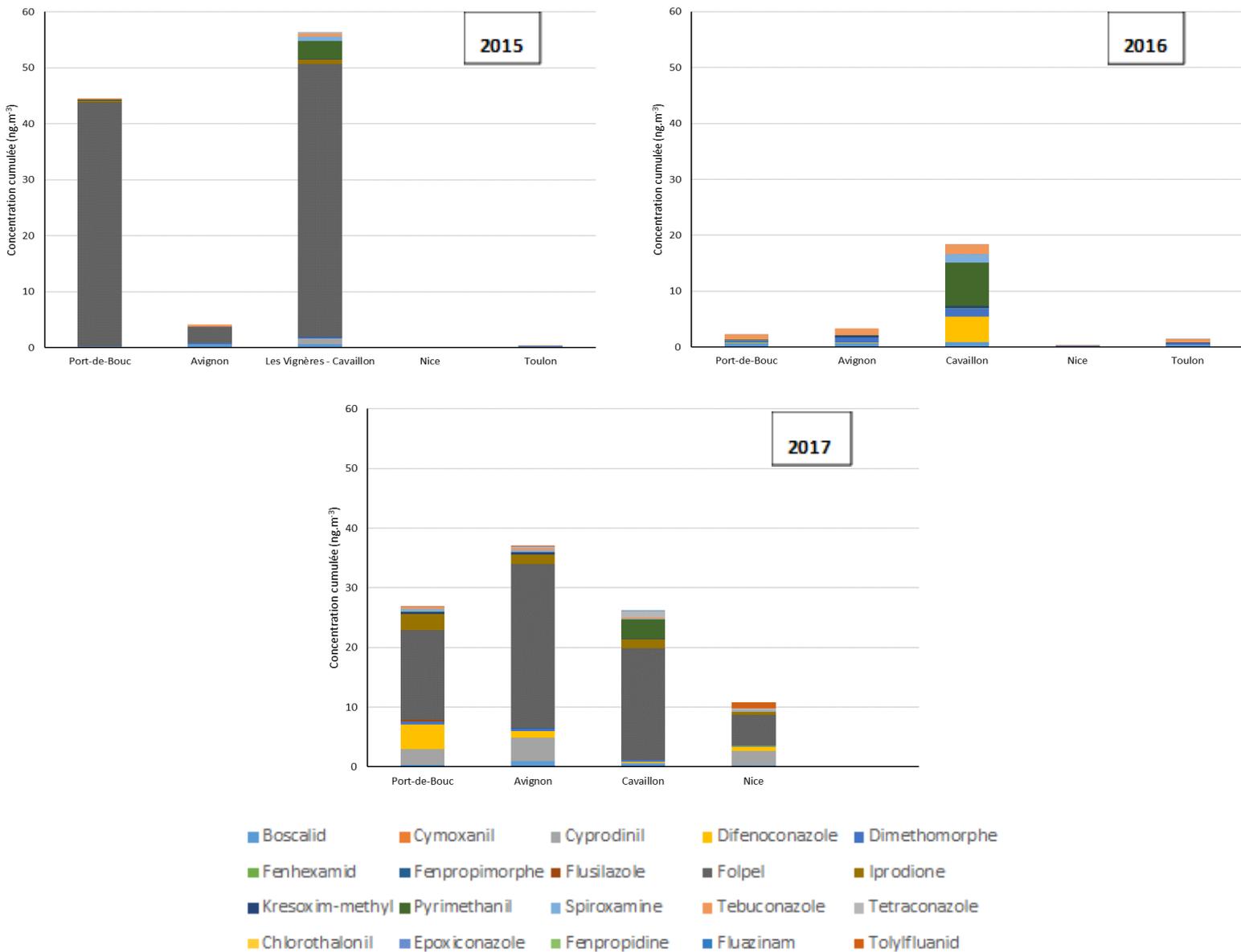


Figure 13 : Concentrations cumulées en fongicides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

La Figure 14 expose les concentrations cumulées de fongicides en excluant le **folpel** de l'analyse. La diversité des substances actives de types fongicides est assez importante. La principale molécule présente depuis 2012 est le **pyriméthanil**. Préférentiellement détectée à Cavaillon, les concentrations en **pyriméthanil** ont considérablement chuté, passant de 14,6 ng.m⁻³ en 2012 à 3,2 ng.m⁻³ en 2017, soit une baisse de -78 %.

Le **difénoconazole** a été détecté majoritairement sur le site de Cavaillon en 2016 avec une concentration cumulée de 4.5 ng.m⁻³. En 2017, ce composé a été enregistré sur tous les sites sans pour autant dépasser des concentrations de 0.5 ng.m⁻³.

Le reste des résultats est globalement dû à de faibles concentrations en : **cyprodinil**, **tébuconazole**, **tétraconazole**, et **iprodione**. À noter que pour ce dernier, seulement deux échantillons sont concernés par cette détection. Bien que le **boscalid** ait un pourcentage de détection faisant partie des plus élevés, les concentrations qui y sont associées restent très faibles.

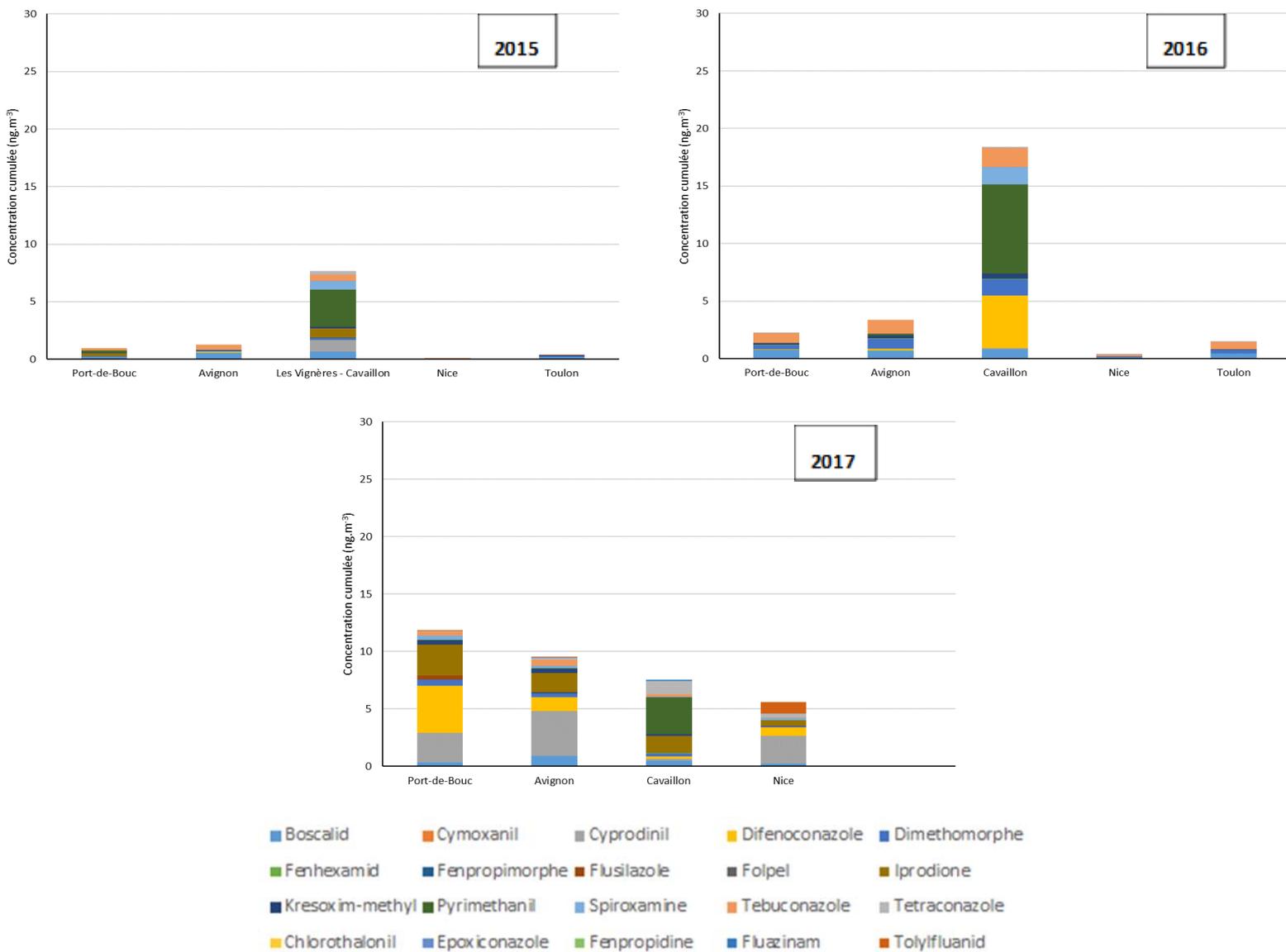


Figure 14 : Concentrations cumulées en fongicides (folpel exclu) : intercomparaison 2015, 2016 et 2017

5.2.3 Évolutions depuis 2012

5.2.3.1 Répartition des familles de pesticides

La répartition des pourcentages entre herbicides, insecticides et fongicides est illustrée dans la Figure 15 pour le site rural de Cavaillon. (La répartition pour Avignon et Toulon, est également disponible en annexe).

La prépondérance des insecticides à Cavaillon est principalement due au taux élevé en chlorpyrifos-éthyl. Par la suite, l'utilisation de ce composé a fortement baissé, ce qui a rendu les fongicides majoritaires à cause du folpel. Malgré son absence en 2016, les fongicides restent les pesticides les plus utilisés.

A noter la faible part des herbicides dans cette répartition, alors que cette famille de pesticides possède le plus grand nombre de molécules recherchées. Contrairement aux insecticides ou fongicides, les herbicides enregistrent de faibles concentrations.

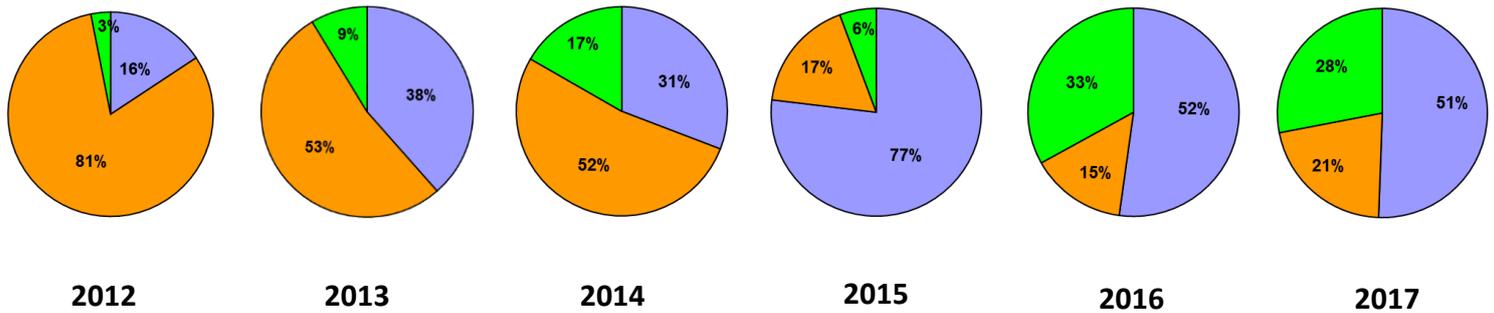


Figure 15 : Répartition des concentrations en herbicides, insecticides et fongicides de 2012 à 2017 à Cavillon

5.2.3.2 Distribution temporelle

Sur la base d'un ensemble de données récoltées durant six ans, la contamination atmosphérique par les pesticides peut être analysée par cycle saisonnier. En y associant les données de tous les sites de mesures, il est possible d'étudier la distribution mensuelle pour chaque substance active. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente ainsi les distributions mensuelles pour cinq composés, les plus significatifs au niveau de la détection comme de la concentration relevée dans l'air ambiant. Les composés concernés sont : 1 herbicide (la **pendiméthaline**) 2 insecticides (le **chlorpyrifos-éthyl** et le **lindane**) et 2 fongicides (le **folpet** et le **tébuconazole**).

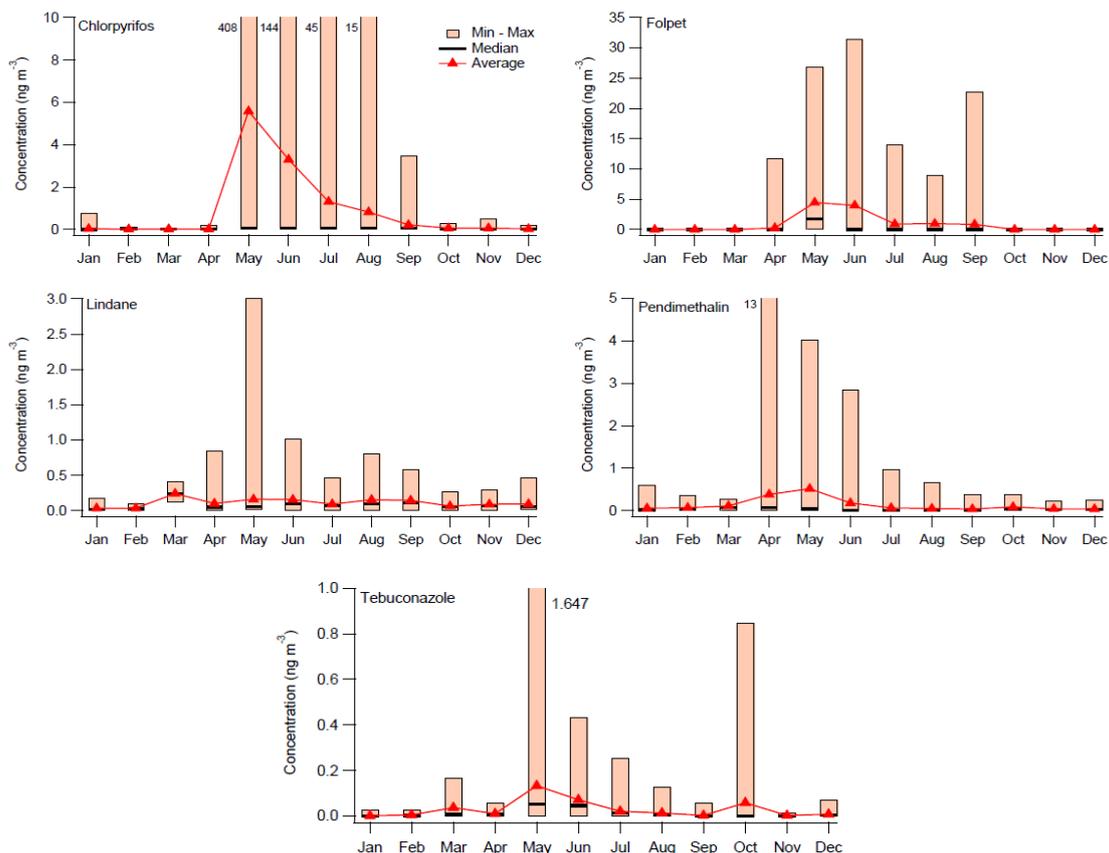


Figure 16 : Distribution mensuelle - minimum, maximum et moyenne des concentrations atmosphériques pour tous les sites de mesures et pour la période 2012-2017

L'utilisation des pesticides est étroitement liée aux conditions météorologiques. Les périodes de fortes humidités, associées à des températures modérées, favorisent la croissance des champignons. Le traitement des cultures par les fongicides est donc plus important en période printanière (d'avril à juin), où l'environnement semble rassembler toutes les conditions propices au développement d'adventices fongiques. C'est d'ailleurs en période printanière que les

concentrations en **folpel** et **tébuconazole** atteignent leur maximum. À noter que les fongicides sont aussi détectés en grand nombre en période automnale (d'octobre à décembre).

L'application des herbicides touche des cultures et des champs d'application variés. La détection des composés de cette famille de pesticides est donc visible toute l'année. En ce qui concerne la **pendiméthaline**, la principale période de détection est le printemps.

Quant aux insecticides, le **chlorpyrifos-éthyl** et le **lindane** font partie des substances les plus fréquemment détectés depuis 2012. Le **chlorpyrifos-éthyl** a été abondamment utilisé au printemps et en été, surtout à Cavaillon, où les vergers représentent une grande majorité des cultures alentours. Le **lindane** est un cas particulier. Interdit en 1998, puis utilisé comme produits biocides jusqu'en 2007, cette substance active est encore mesurée dans l'air ambiant. Parfois restées sur le sol, les molécules de **lindane** peuvent se répandre dans l'atmosphère par ré-entrainement grâce à des facteurs météorologiques favorables (température, humidité, précipitation, vent, ...).

Cette distribution mensuelle met en avant l'existence d'un profil saisonnier, particulièrement important au printemps. L'exploitation de ces données permet de distinguer les périodes d'expositions des populations aux pesticides dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

6. Étude particulière : le glyphosate

6.1 Qu'est-ce que le glyphosate

Le **glyphosate** (*N*-(phosphonométhyl)glycine, $C_3H_8NO_5P$) est un herbicide total foliaire systémique, c'est-à-dire un herbicide non sélectif absorbé par les feuilles et ayant une action généralisée.

Le glyphosate est **l'herbicide le plus utilisé dans le monde**, son succès repose sur un coût faible, une bonne efficacité et une très grande souplesse d'utilisation. Il est largement utilisé pour du désherbage agricole mais aussi pour l'entretien des espaces urbains et industriels. En agriculture, le glyphosate permet une destruction efficace des adventices ou des repousses, sans effet sur la culture suivante et avec un coût réduit. La diffusion du glyphosate a favorisé le développement des techniques d'agriculture de conservation en permettant de désherber les parcelles sans retourner la terre. Le glyphosate n'est toutefois pas une condition nécessaire à la culture sans labour, qui est aussi pratiquée dans le cadre de l'agriculture naturelle. Le glyphosate est classé depuis le 20 mars 2015 comme « probablement cancérigène » par le Centre international de recherche sur le cancer.

Le glyphosate est malheureusement retrouvé quasi-systématiquement dans l'ensemble des prélèvements effectués pour surveiller la qualité des eaux de rivières de notre région. Le glyphosate, son métabolite l'AMPA, sont détectés dans plus de 50% des bassins versants (Sources : FREDON PACA, CORPEP PACA, département du Vaucluse).

6.2 Le glyphosate est-il présent dans l'air ?

Le glyphosate est une molécule très soluble dans l'eau et sa pression de vapeur glyphosate est négligeable, par conséquent, il n'est pas susceptible de se volatiliser directement à partir des surfaces traitées. Il est donc peu présent dans l'air. Cependant une partie du glyphosate appliqué dans les cultures peut être transférée dans l'atmosphère lors de traitements par vaporisation des gouttelettes entre la rampe d'application et le sol. Son potentiel de dispersion dépendra des conditions climatiques locales (force du vent, précipitation) mais aussi du type d'équipement utilisé. Aujourd'hui le mode d'application tend à éviter cette phase de vaporisation pour éviter la formation de gouttelettes et donc le transfert facilité vers l'atmosphère.

6.3 AtmoSud a recherché le glyphosate dans l'air pendant 3 ans

AtmoSud dans le cadre de la surveillance des pesticides dans l'air (ORP PACA) a mise en place une surveillance spécifique du **glyphosate, glufosinate d'ammonium et l'AMPA (acide aminométhylphosphonique)**. Le prélèvement et l'analyse chimique de ces 3 composés nécessitent une méthodologie particulière (cf. § ci-dessous). **Une collaboration avec le Laboratoire de Chimie de l'Environnement (Aix Marseille Université / CNRS) a donc été nécessaire.** Cinq sites ont bénéficié de ces prélèvements spécifiques : Avignon, Cavaillon, Toulon, Port-de-Bouc et Nice entre 2014 et 2016.

Synthèse des résultats :

- Nice (place Arson), de 2014 à 2016, 30 échantillons analysés : **aucune détection** des 3 molécules.
- Toulon, 2015, 4 échantillons analysés : **aucune détection** des 3 molécules.
- Port-de-Bouc, de 2014 à 2016, 27 échantillons analysés : **une détection** du glyphosate le 17 mars 2016 (0,381 ng/m³)
- Avignon, de 2015 à 2016, 11 échantillons analysés : **une détection** du glyphosate le 22 avril 2015 (0,298 ng/m³).
- Cavaillon, de 2015 à 2016, 11 échantillons analysés : **3 détections** du glyphosate le 22 avril 2015 (1,043 ng/m³), le 20 mai 2015 (0,616 ng/m³) et le 16 juin 2016 (0,178 ng/m³).

La limite de détection du glyphosate est de 0,03 ng/m³ (source LCE).

Le glyphosate n'a donc été identifié que 5 fois sur 83 analyses effectuées donc très rarement dans l'air.

6.4 Méthodologie et analyse chimique

Sites et échantillonnage

Les sites ci-dessous sont équipés d'un préleveur type DA80, préleveur haut débit, équipé d'un filtre de quartz de 150mm. Le prélèvement est effectué pendant 24h avec un débit de 30 m³/h.

Tableau 11 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2014

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Port de Bouc	0	1	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	11
Nice	0	1	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	11
Total	0	2	6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	22 analyses

Tableau 12 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2015

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Cavaillon	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Toulon	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Port de Bouc	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
Nice	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11
Total	2	2	5	5	5	5	2	2	1	1	0	1	31 analyses

Tableau 13 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2016

Site de prélèvement	Faible activité			Forte activité						Faible activité			Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Avignon	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
Cavaillon	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
Port de Bouc	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
Nice	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	8
Total	2	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	30 analyses

Méthode d'analyse

La méthode d'analyse s'appuie notamment sur une méthode destinée à l'analyse HPLC-ESI-MS/MS (High Performance Liquid Chromatography) – Electro Spray Ionisation – Mass Spectrometry) du glyphosate et de l'AMPA dans les eaux de surface (phase dissoute) mise au point par l'IRSTEA (Cemagref, 2009). En effet, le glyphosate est une molécule très soluble dans l'eau où elle constamment recherchée.

Brièvement, les filtres prélevés sont extraits aux ultrasons dans un mélange « eau/Borax/EDTA », puis filtrés sur Büchner pour éliminer tout résidu de filtres dans l'échantillon extrait. L'extrait est ensuite dérivé avec du FMOC (chlorure de fluorénylméthoxycarbonyle) en présence d'acétonitrile. Après dérivatisation, un passage de l'extrait sur cartouche SPE (Extraction sur Phase Solide) permet une purification avant l'analyse par UPLC-qTOF-MS/MS (Ultra Performance Liquid Chromatography – Quatripole Time of flight – Mass Spectrometry).

A noter que toutes ces étapes nécessitent un matériel dédié en plastique ou Téflon pour éviter toute adsorption du glyphosate sur le verre. Ces différentes étapes ont nécessité de nombreux tests d'optimisation.

7. Conditions météorologiques et roses de fréquences

Ce chapitre décrit les conditions météorologiques rencontrées sur les sites de mesures durant les années 2016 et 2017. Les paramètres météorologiques, tels que la température, la précipitation ou les régimes de vents, ont une influence majeure sur l'utilisation et la dispersion des pesticides dans l'atmosphère (Annexe 7). Pour prévenir les risques de forte dispersion des produits, il est conseillé de ne pas traiter les parcelles en situation de vent fort. L'humidité est aussi un paramètre important à prendre en compte. Plus importante en début de matinée et en fin de journée, l'eau en suspension dans l'air va permettre aux substances actives d'atteindre plus efficacement la cible initialement pointée.

7.1 Températures et précipitations

Le Tableau 14, présente l'évolution des mesures en précipitations ainsi qu'en température moyenne annuelle pour 2016 et 2017 et pour tous les sites. Les stations d'Avignon et de Cavaillon ont les mêmes résultats, car les mesures météorologiques retenues proviennent de la station Météo-France d'Avignon.

Les températures associées aux précipitations indiquent que 2016 et 2017 ont été des années marquées par un temps sec. Le cumul de précipitations, déjà faible en 2016, chute l'année suivante avec un minimum de 312.8 mm relevé à Port-de-Bouc pour 79 jours de pluie. Les températures restent constantes durant ces deux dernières années (Annexe 8, Annexe 9). Il est tout de même remarqué un début plus précoce de la saison estivale en 2017. Ces conditions sont favorables à la volatilisation des pesticides, notamment lors d'épisodes très venteux.

Tableau 14 . Précipitations et températures moyennes annuelles en 2016 et 2017

Site 2016 / 2017	Nombre de jours de pluie	Cumul de précipitations (en mm)	Température moyenne annuelle (en °C)
Avignon/Cavaillon	92 / 75	522.9 / 323.2	15.2 / 15.1
Toulon	130	437.7	16.8
Nice	76 / 55	483.9 / 416.8	16.6 / 16.7
Port-de-Bouc	105 / 79	363.6 / 312.8	16.3 / 16.0

7.2 Les vents

La Figure 17 expose les roses des vents pour chaque site de mesures durant toute leurs périodes de fonctionnement. Le fait d'étudier les données de vent de plusieurs années permet d'extraire les vents dominants plus aisément. Les roses des vents ont pour but d'informer sur la distribution des directions de vents en y associant les vitesses de vents. La longueur des segments est proportionnelle à la vitesse des vents et les couleurs correspondent à la fréquence.

Le régime de vent constaté sur les sites d'Avignon et de Port-de-Bouc est très largement influencé par le secteur Nord Nord-Ouest. Pour Toulon, l'influence dominante du vent provient majoritairement de l'Ouest. Pour ces trois sites, le même vent est en cause ; il s'agit du Mistral. En plus d'être le vent le plus fréquent, il est aussi le vent le plus fort. De fortes vitesses de vents sont aussi observées par secteur Sud Sud-Est. Pouvant atteindre des rafales de plus de 100 km/h, le Mistral est favorable au ré-envol des molécules qui peuvent parcourir de longues distances. En ce qui concerne Nice, le vent dominant est aperçu par secteur Nord-Ouest. Néanmoins, les vents les plus forts proviennent des secteurs Sud-Ouest et Nord-Est.

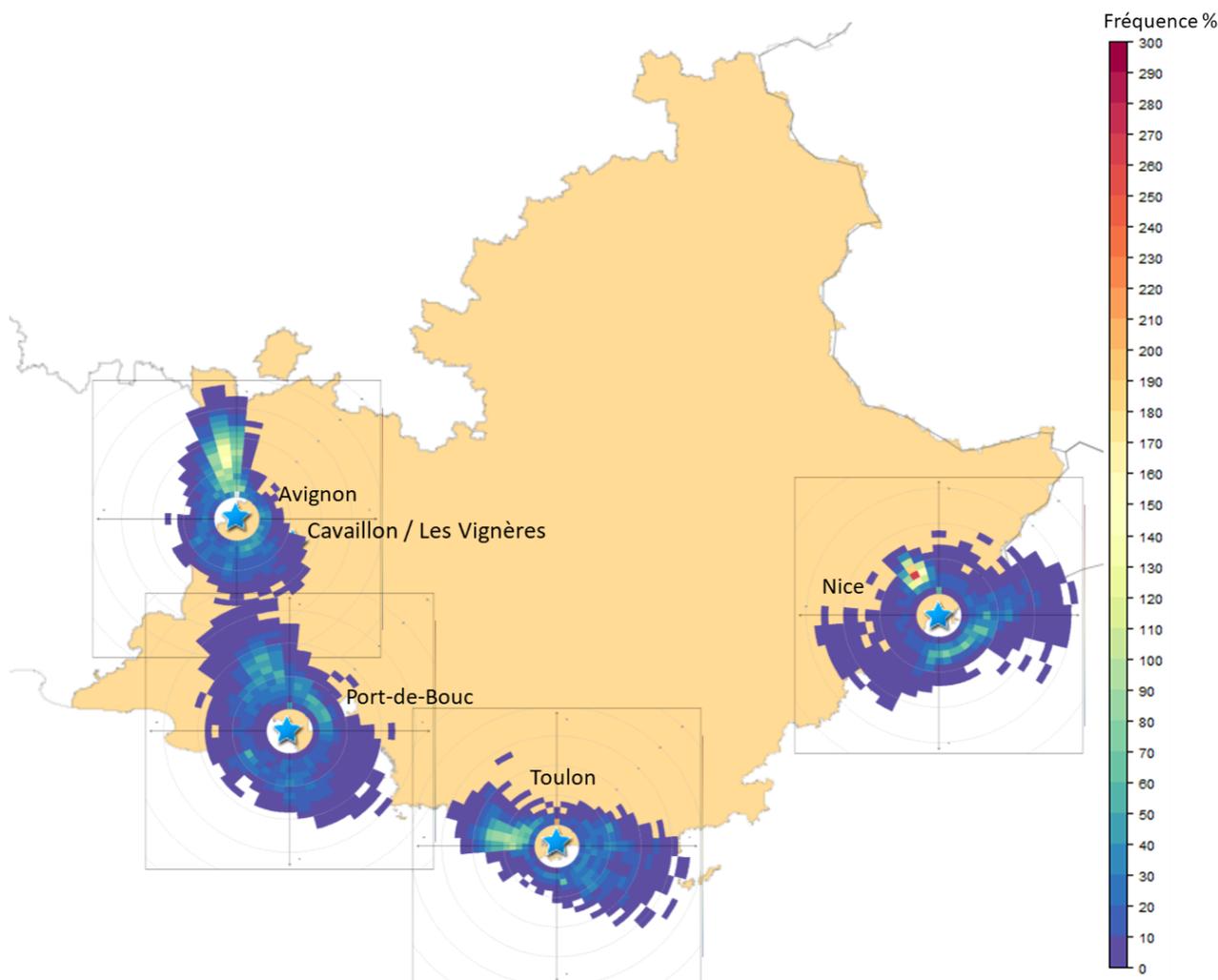


Figure 17 : Roses des vents

7.3 Roses de pollution

Durant les années 2016 et 2017, plusieurs substances se distinguent de par leur concentration cumulée observée. En croisant les roses de polluants avec les données de vitesse et de direction de vent, il est possible d'émettre une analyse sur le transport des composés détectés. Les figures suivantes représentent les concentrations en polluant selon la direction et la vitesse de vent (valeur indiquée en diagonale et en m.s^{-1}) pour les journées spécifiques où les prélèvements de substances actives ont été effectués. Plus la cellule est de couleur rouge, plus la concentration est élevée. Étant donné que le maximum de concentration n'est pas le même partout, l'échelle placée à droite des figures s'adapte selon les mesures relevées. Les polluants exposés ci-dessous sont les composés ayant enregistré les maximums de cumuls pour les deux dernières années de mesures.

En 2016, c'est la **pendiméthaline** (herbicide) qui est représentée pour les sites de Cavaillon et Port-de-Bouc (Figure 18). Comme vu précédemment, le vent de secteur Nord Nord-Ouest est bien présent. Ce vent atteint 16 m.s^{-1} à Cavaillon. Néanmoins, le maximum des concentrations est relevé dans le quart Sud-Est, où les vents sont compris entre 0 et 6 m.s^{-1} . L'influence locale près de Cavaillon semble donc être plus importante pour la **pendiméthaline**. L'analyse de la cartographie de l'occupation des sols permet d'émettre l'hypothèse d'un apport provenant de vergers (ANNEXE 10) à proximité. Quant au site de Port-de-Bouc, la contribution en **pendiméthaline** est fortement représentée en Sud-Est. A contrario de Cavaillon, les concentrations les plus fortes proviennent d'un vent atteignant jusqu'à 12 m.s^{-1} . Ces valeurs élevées de vent, indiquent qu'un ré-entrainement de pesticides aurait pu avoir lieu associé à un transport éloigné de substances actives. Son utilisation sur tous types de surface (voiries, gares espaces verts, parcelles arboricoles, ...) en est aussi une cause prépondérante, surtout à Port-de-Bouc où l'anthropisation et les industries sont très présentes (ANNEXE 11).

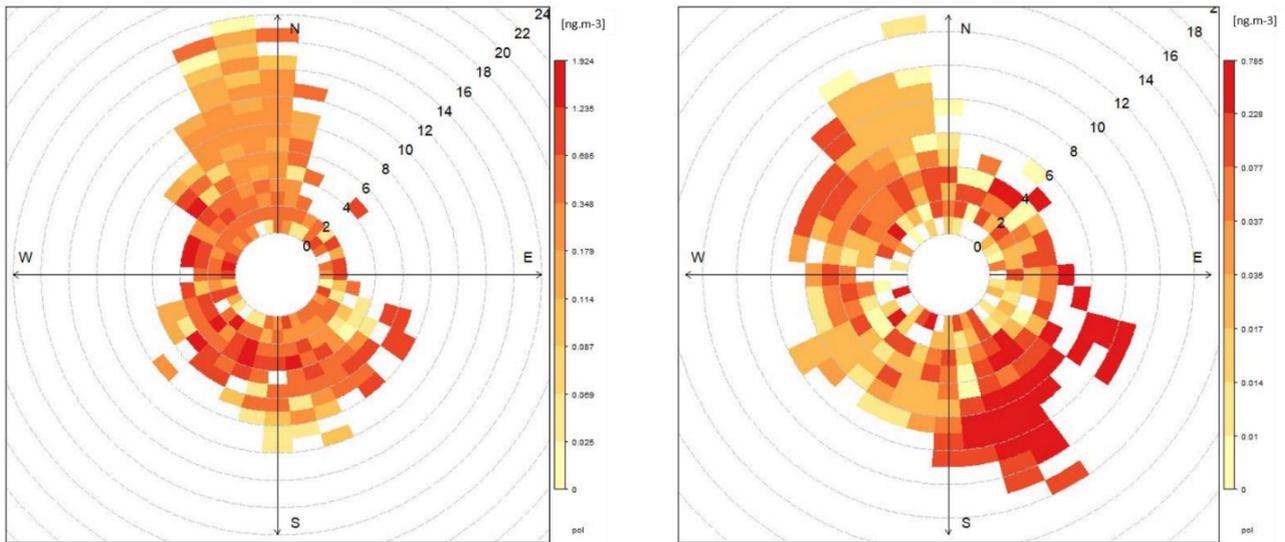


Figure 18 : Roses de pollution de la pendiméthaline en 2016 à Cavillon (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite)

En 2017, c'est le **folpel** (fongicide) qui est représenté à Cavillon et Avignon (Figure 19). Le site rural de Cavillon obtient des valeurs fortes principalement en secteur Nord alors qu'en Avignon c'est le secteur Sud qui prédomine. Les vents associés ainsi que l'analyse de la cartographie (ANNEXE 10) confirment l'influence des parcelles de types vergers. Tout comme pour la **pendiméthaline** l'année précédente, les concentrations en **folpel** proviennent des mêmes classes de parcelles agricoles.

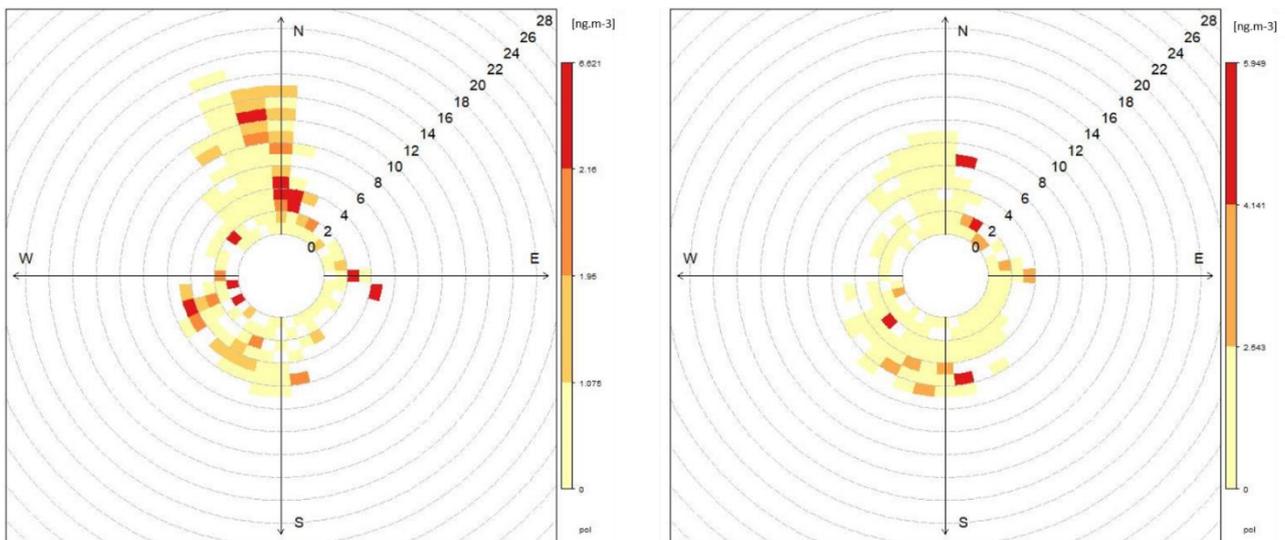


Figure 19 : Roses de pollution du folpel en 2017 à Cavillon (à gauche) et Avignon (à droite)

8. Conclusion

AtmoSud a mis en place une surveillance des résidus de pesticides dans l'air depuis 2012. 59 molécules sont recherchées en 2017. Les résultats obtenus sur les six années d'études ont mis en avant une détection de composés autant en zone rurale qu'en zone urbaine. Les concentrations en substances actives sont plus importantes au printemps. Cette période semble être plus propice aux traitements, à cause des conditions météorologiques.

Les principaux résultats obtenus lors des campagnes 2016 et 2017 sont exposés ci-après.

Herbicides :

- Le maximum du cumul d'**herbicides** est enregistré systématiquement à **Cavaillon**, site rural, avec 4 ng.m⁻³ en 2015, 12 ng.m⁻³ en 2016 et 15 ng.m⁻³ en 2017. Le principal herbicide responsable de ces niveaux est la **pendiméthaline**. Elle est présente sur tous les sites. Elle est persistante et d'un grand confort d'utilisation, elle est utilisée en arboriculture, mais aussi très utilisée dans les espaces verts, voiries, gares, aéroports, stades ...
- Les cumuls de concentrations en herbicides ont fortement baissé depuis 2012 (-48 % à Cavaillon, -69 % en Avignon et -98 % à Toulon).
- **Les pourcentages moyens de détection** pour cette molécule sont de 36 % en 2015, 63 % en 2016 et 66 % en 2017.

Insecticides :

- Les échantillons de 2016 et 2017 indiquent une perte de la prédominance du **chlorpyrifos-éthyl** au profit de la **perméthrine**. Cette substance représente 28 % des concentrations en 2017, tous insecticides et sites confondus. Sa concentration atteint un maximum de 7 ng.m⁻³ à Nice en 2017.
- Le site rural de Cavaillon (Les Vignères) a longtemps enregistré les plus forts cumuls de **chlorpyrifos-éthyl** (2012 à 2015). Les concentrations cumulées du **chlorpyrifos-éthyl** ont considérablement chuté en 2016 et 2017. Enregistré à hauteur de 711 ng.m⁻³ en 2012 sur le site de Cavaillon, le **chlorpyrifos-éthyl** est relevé à 5 ng.m⁻³ en 2016 et 6 ng.m⁻³ en 2017. Ceci correspond à une diminution de -99 % entre 2012 et 2017.
- Le **lindane**, la **cyperméthrine**, le **fenoxycarbe** et le **piperonyl butoxide (PBO)** sont également retrouvés en 2016 et 2017.
- **Les concentrations de lindane les plus élevées sont observées en Avignon.** Celles-ci évoluent de 0,97 ng.m⁻³ en 2015 à 1,2 ng.m⁻³ en 2016 et 2,2 ng.m⁻³ en 2017. Soit une augmentation de 24 % en 2016 et 83 % en 2017. **Au total depuis 2012, le cumul des concentrations en lindane en 2017 a cependant diminué de 83 % en Avignon.**
- Le **lindane** est, comme les années précédentes, **retrouvé dans plus de 95 % des échantillons** et sur tous les sites. Cette substance est pourtant interdite depuis 1998. **Les concentrations moyennes sont en baisse de 85 % par rapport à 2012.**

Fongicides :

- Le principal résultat remarquable est l'absence du **folpel** dans tous échantillons en 2016. Malgré une double analyse des échantillons par le Laboratoire de Chimie de l'Environnement, sa présence n'a pas été découverte. Néanmoins, ce fongicide est la substance la plus enregistrée en 2017. Cette même année, les concentrations cumulées en folpel atteignent un maximum de 27 ng.m⁻³ en Avignon. Son usage est dominant dans le secteur de la vigne et en arboriculture. Cette molécule est présente sur tous les sites. **Les pourcentages moyens de détection** pour cette molécule sont de 6 % en 2015, 0 % en 2016 et 21 % en 2017.
- Le site rural de Cavaillon et celui urbain d'Avignon enregistrent les plus forts cumuls. En 2017, les concentrations cumulées en **folpel** atteignent un maximum de **27 ng.m⁻³ en Avignon**. Les concentrations cumulées de cette substance à Cavaillon varient de 107 ng.m⁻³ en 2012 à 19 ng.m⁻³ en 2017, soit une diminution, par rapport à 2012, de -82 % pour 2017.

Globalement :

- Globalement, de 2012 à 2017 pour les 2 sites d'Avignon et de Cavaillon, le cumul des concentrations a diminué de -90 % en moyenne sur l'ensemble des 59 molécules recherchées.
- Les résultats de l'année 2017 ont permis de mettre en évidence l'émergence de plusieurs composés jusqu'alors jamais ou très peu détectés.
- L'analyse sur les 6 dernières années des concentrations de pesticides avec les paramètres météorologiques tels que les précipitations, la vitesse et la direction des vents permettent de corroborer l'influence du type de culture sur la fréquence et la provenance de certaines substances actives.

- L'ensemble des résultats de l'ORP PACA ont été intégrés à la base de données nationale « pesticides » de la Fédération Atmo. Ils ont été utilisés par une saisine nationale afin de mettre à jour la liste des substances actives à surveiller dans l'air sur le territoire français. Elles sont également utilisées pour l'étude des pyréthriinoïdes par l'EHSEP (Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique).

PERSPECTIVES

L'Anses, l'Ineris et le réseau des AASQA fédéré par ATMO France lancent une campagne de mesure des résidus de pesticides dans l'air de juin 2018 à juillet 2019. Cette première campagne nationale vise à améliorer les connaissances sur les pesticides présents dans l'air ambiant et ainsi mieux connaître l'exposition de la population sur le territoire national. Cette campagne permettra à terme de définir une stratégie de surveillance des pesticides dans l'air.

La mise en place d'une surveillance des résidus de pesticides dans l'air au niveau national est une priorité définie dans le cadre de la feuille de route gouvernementale sur les produits phytopharmaceutiques. Dans un rapport d'expertise publié en octobre 2017, l'Anses a fait des recommandations sur la conduite et les modalités de mise en œuvre d'une campagne exploratoire en vue d'une telle surveillance. Au vu de ces recommandations, un partenariat a été mis en place entre l'Anses, l'Ineris et la Fédération ATMO France pour la définition et la réalisation de cette campagne.

80 substances actives analysées sur 50 sites de prélèvements.

Cette campagne exploratoire d'un an comprendra l'analyse d'environ 80 substances, sur 50 sites de mesures, en France métropolitaine et dans les Départements et Régions d'outre-mer pour un total d'environ 1500 échantillons sur la durée de la campagne. Les substances ciblées entrent dans la composition des produits phytopharmaceutiques ainsi que de certains biocides, médicaments vétérinaires et antiparasitaires à usage humain. Elles ont été priorisées par l'Anses sur la base de leurs caractéristiques de danger et de critères d'utilisation, d'émission et de persistance dans l'air.

La répartition des sites de prélèvements a été choisie afin de prendre en compte les différents types de zones d'habitation (urbaines ou rurales) et de productions agricoles (arboriculture, viticulture, maraichage, grandes cultures et élevage).

Pour conduire cette campagne, un protocole de mesures harmonisé sur l'ensemble du territoire national a été défini sur la base des recommandations de l'Anses ainsi que de validations météorologiques menées par l'Ineris, dans le cadre de ses travaux pour le Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air (LCSQA), en lien avec les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ATMO Grand Est et AtmoSud.

Une collaboration Anses / Ineris / ATMO France

Sur le terrain, les AASQA, fédérées par AtmoTMO France, réalisent les prélèvements et apportent leur expertise territoriale pour mettre en œuvre la campagne au niveau local. L'Ineris, en tant que coordonnateur de la campagne, assure l'appui technique nécessaire aux mesures, pilote l'analyse des échantillons et exploitera les données avec l'appui des différents partenaires. L'Anses, quant à elle, apporte son soutien scientifique et prend en charge le financement de cette campagne.

Cette campagne exploratoire, première du genre à l'échelle nationale, permettra de définir, les modalités d'une stratégie pérenne nationale de surveillance des résidus de pesticides dans l'air ambiant. Les données collectées viendront alimenter la base nationale des données sur la qualité de l'air « GEOD'AIR » et contribueront à établir un premier état des lieux des niveaux de contamination en résidus de pesticides dans l'air ambiant.

Cet état des lieux est nécessaire afin d'établir des comparaisons avec les données recueillies dans le cadre d'études spécifiques, visant à évaluer l'exposition de populations vivant à proximité des sources d'émission de pesticides notamment la future étude sur l'exposition aux pesticides des riverains en zones agricoles qui sera réalisée prochainement par l'Anses et Santé publique France.

L'ensemble de ces travaux s'inscrivent et sont financés dans le cadre du dispositif de phytopharmacovigilance mis en place par l'Anses depuis 2015 et dont l'objectif est de surveiller les effets indésirables des produits phytopharmaceutiques.

À Cavaillon, Avignon et Carpentras, les 80 substances seront prélevées et analysées selon un protocole établi par l'INERIS et les AASQA. Les prélèvements hebdomadaires ont démarré en juin 2018 pour une durée d'un an. Les premiers résultats seront disponibles en 2020.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1. Limites de quantification	46
ANNEXE 2. Concentrations cumulées par site : 2012, 2013, 2014.....	47
ANNEXE 3. Concentrations cumulées en herbicides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014.....	48
ANNEXE 4. Concentrations cumulées en insecticides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014.....	49
ANNEXE 5. Concentrations cumulées en fongicides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014	50
ANNEXE 6. Répartition des concentrations en herbicides, insecticides et fongicides de 2012 à 2017 en Avignon, Cavaillon et Toulon	51
ANNEXE 7. Synthèse météorologique et produits phytosanitaires.....	52
ANNEXE 8. Températures moyennes journalières observées en 2016.....	53
ANNEXE 9. Températures moyennes journalières observées en 2017.....	54
ANNEXE 11. Occupation du sol à Port-de-Bouc	56
ANNEXE 12. Occupation du sol à Cannes et Nice.....	57
ANNEXE 14. Occupation du sol à Arles	58
ANNEXE 15. Occupation du sol à Toulon	59

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 . Liste des molécules herbicides d'intérêt	11
Tableau 2 . Liste des molécules insecticides d'intérêt	12
Tableau 3 . Liste des molécules fongicides d'intérêt	13
Tableau 4 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2012.....	16
Tableau 5 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2013.....	16
Tableau 6 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2014.....	16
Tableau 7 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2015.....	17
Tableau 8 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2016.....	17
Tableau 9 . Stratégie d'échantillonnage (nombre de prélèvements par site) 2017.....	17
Tableau 10 . Pourcentages de variations des concentrations cumulées globales	27
Tableau 11 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2014.....	37
Tableau 12 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2015.....	37
Tableau 13 . Stratégie d'échantillonnage (nombre d'analyses par site) du glyphosate en 2016.....	37
Tableau 14 . Précipitations et températures moyennes annuelles en 2016 et 2017	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cadre réglementaire pour l'utilisation des pesticides (ORP)	7
Figure 2 : Sources et puits de pesticides dans l'air	8
Figure 3 : Carte de localisation des sites de mesures en fonction des années de 2012 à 2017.....	15
Figure 4 : Nombre de molécules détectées entre 2012 et 2017	18
Figure 5 : Herbicides : Pourcentage de détection par molécules d'herbicides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port de Bouc.....	20
Figure 6 : Insecticides : Pourcentage de détection par molécules d'insecticides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port de Bouc.....	22
Figure 7 : Fongicides : Pourcentage de détection par molécules de fongicides de 2012 à 2017 à Cavaillon, Avignon, Toulon, Nice et Port de Bouc.....	24
Figure 8 . Concentrations cumulées par site : 2015, 2016, 2017	26
Figure 9 : Concentrations cumulées en herbicides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017	28
Figure 10 : Concentrations cumulées en herbicides (pendiméthaline exclue) : intercomparaison 2015, 2016 et 2017	29
Figure 11 : Concentrations cumulées en insecticides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017.....	30
Figure 12 : Concentrations cumulées (chlorpyrifos-éthyl exclu) en insecticides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017	31
Figure 13 : Concentrations cumulées en fongicides : intercomparaison 2015, 2016 et 2017	32
Figure 14 : Concentrations cumulées en fongicides (folpel exclu) : intercomparaison 2015, 2016 et 2017	33
Figure 15 : Répartition des concentrations en herbicides, insecticides et fongicides de 2012 à 2017 à Cavaillon.....	34
Figure 16 : Distribution mensuelle - minimum, maximum et moyenne des concentrations atmosphériques pour tous les sites de mesures et pour la période 2012-2017	34

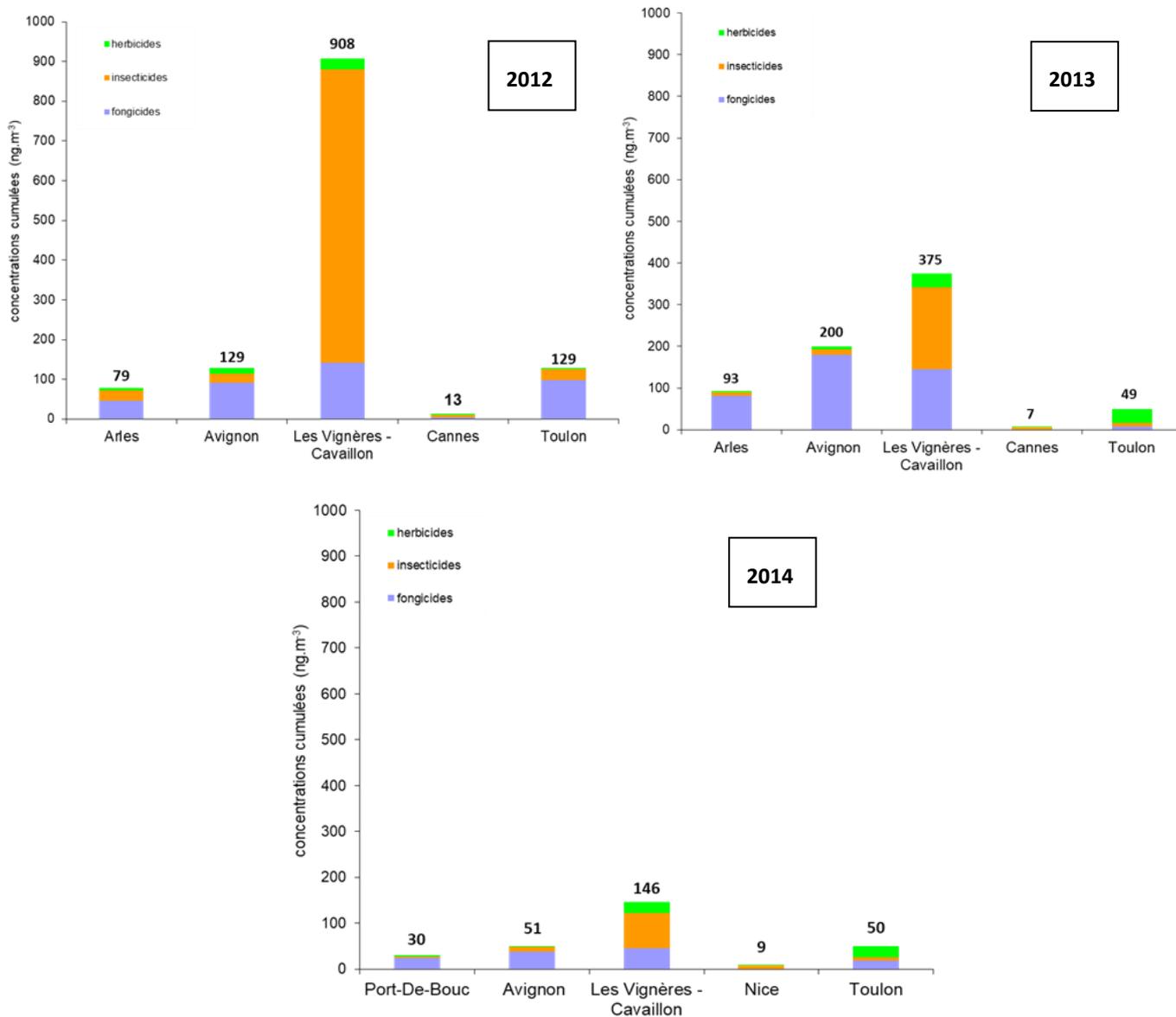
Figure 17 : Roses des vents.....	39
Figure 18 : Roses de pollution de la pendiméthaline en 2016 à Cavaillon (à gauche) et Port-de-Bouc (à droite).....	40
Figure 19 : Roses de pollution du folpel en 2017 à Cavaillon (à gauche) et Avignon (à droite).....	40

ANNEXES

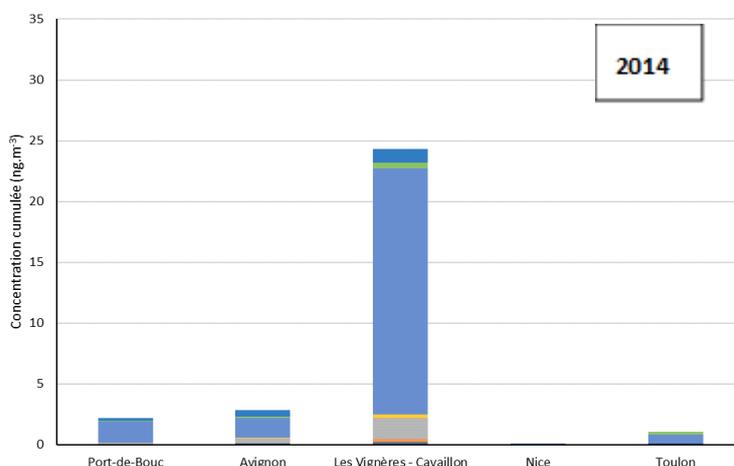
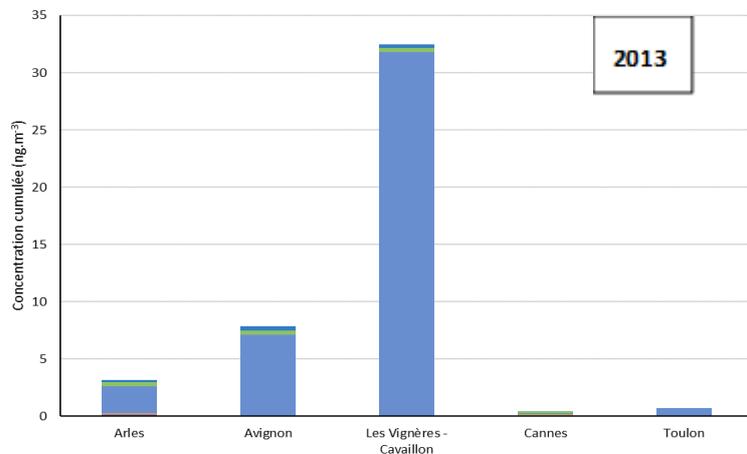
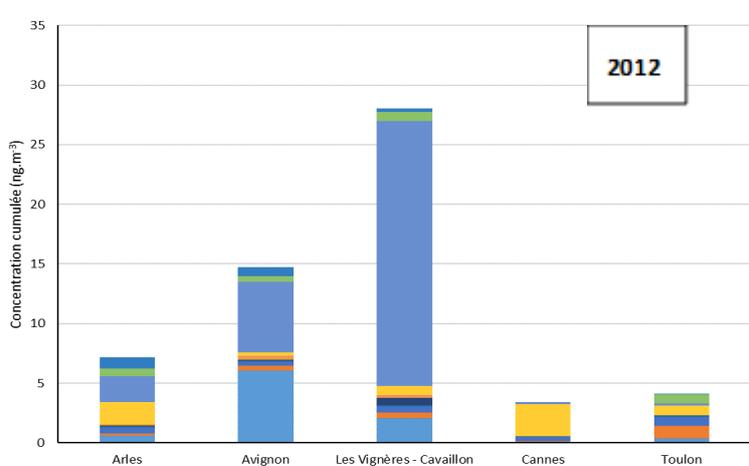
ANNEXE 1. Limites de quantification

Pesticide	Limite de quantification (ng.m ⁻³)
2,4D	0,240
2,4MCPA	0,120
Aclonifen	0,475
Amitrole	0,720
Boscalid	0,015
Chlorpropham	0,013
Chlorpyrifos Ethyl	0,030
Chlorpyrifos-Méthyl	0,071
Clomazone	0,022
Cymoxanil	0,560
Cypermethrin	0,043
Cyprodinil	0,270
Deltamethrin	0,400
Diclofop-methyl	0,015
Difenoconazole	0,100
Diflubenzuron	0,740
Diflufenican	0,010
Dimethenamid-P	0,025
Dimethomorph	0,020
Epoxiconazole	0,021
Esbiothrin	0,345
Fenhexamid	0,020
Fenoxycarb	0,300
Fenpropidine	0,187
Fenpropimorph	0,010
Fipronil	0,015
Flazasulfuron	0,490
Fluazinam	0,217
Flumioxazine	0,387
Flurochloridone	0,010
Fluroxypyr	0,210
Flusilazole	0,010
Folpet	1,700
Imidaclopride	0,270
Iprodion	0,250
Isoproturon	0,238
Kresoxim-methyl	0,015
Lambda-cyhalothrin	0,100
Lenacil	0,102
Lindane	0,015
Linuron	0,020
Metazachlor	0,020
S-Metolachlor	0,040
Oxadiazon	0,025
Permethrin	0,071
Pendimethalin	0,015
Piperonyl Butoxide (PBO)	0,015
Pirimicarb	0,040
Propyzamide	0,015
Prosulfocarb	0,015
Pyrimethanil	0,015
Spiroxamine	0,150
Sulcotrione	1,200
Tebuconazole	0,010
Terbutylazine	0,060
Tetraconazole	0,010
Tolyfluanid	0,090
Thiamethoxame	1,500
Triallat	0,026

ANNEXE 2. Concentrations cumulées par site : 2012, 2013, 2014

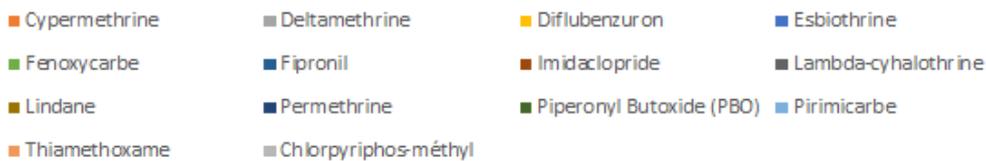
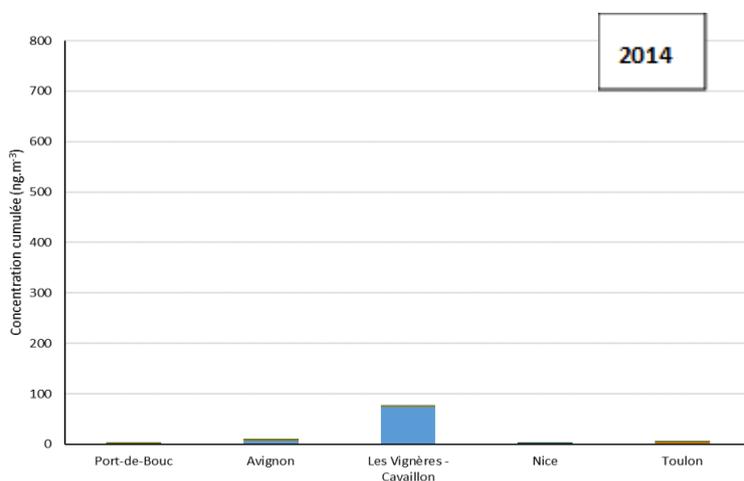
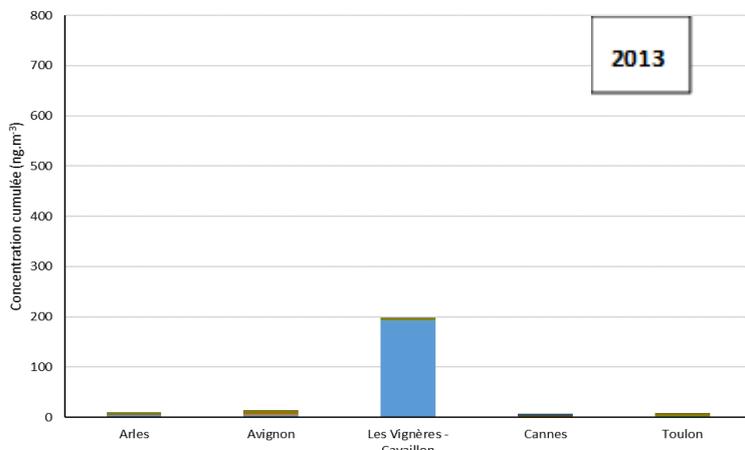
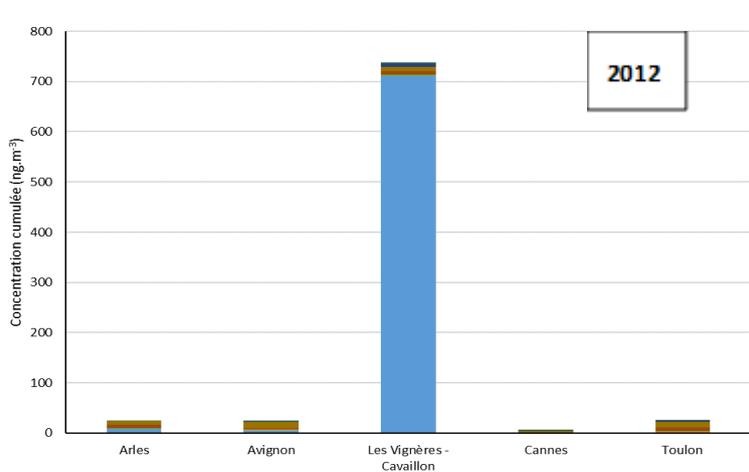


ANNEXE 3. Concentrations cumulées en herbicides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014

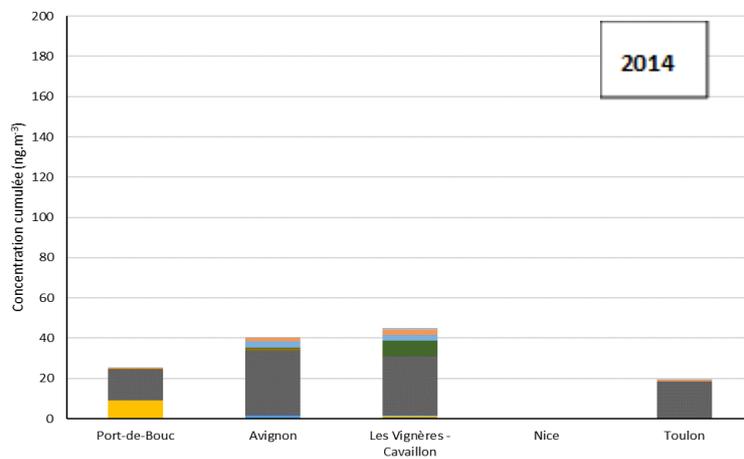
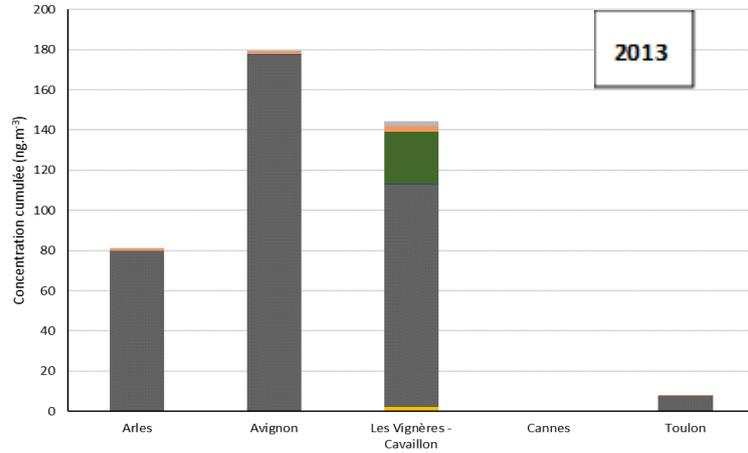
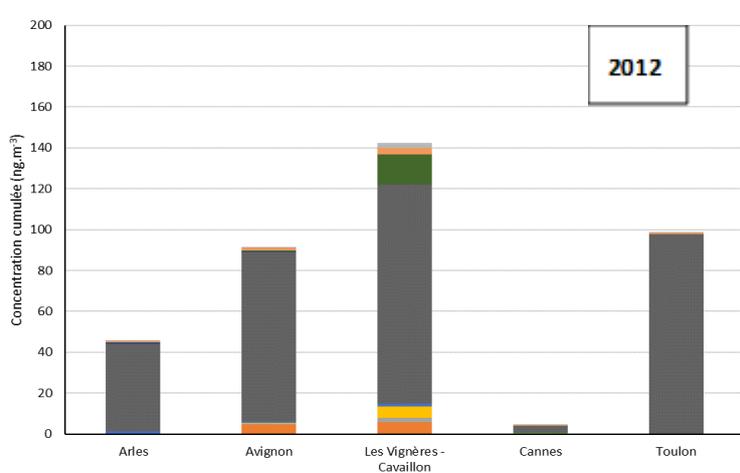


- | | | | | | |
|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| ■ 2,4D | ■ 2,4MCPA | ■ Aclonifen | ■ Amitrole | ■ Chlorpropham | ■ Diclofop-methyl |
| ■ Diflufenican | ■ Flazasulfuron | ■ Flumioxazine | ■ Flurochloridone | ■ Fluroxypyr | ■ Linuron |
| ■ Metazachlore | ■ S-Metolachlore | ■ Oxadiazon | ■ Propyzamide | ■ Prosulfocarbe | ■ Sulcotrione |
| ■ Terbutylazine | ■ Clomazone | ■ Dimethenamid-P | ■ Lenacil | ■ Triallat | ■ Isoproturon |

ANNEXE 4. Concentrations cumulées en insecticides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014

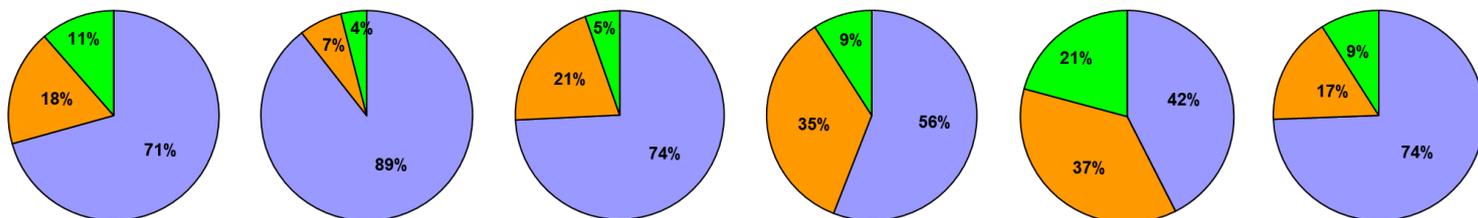


ANNEXE 5. Concentrations cumulées en fongicides : intercomparaison 2012, 2013 et 2014

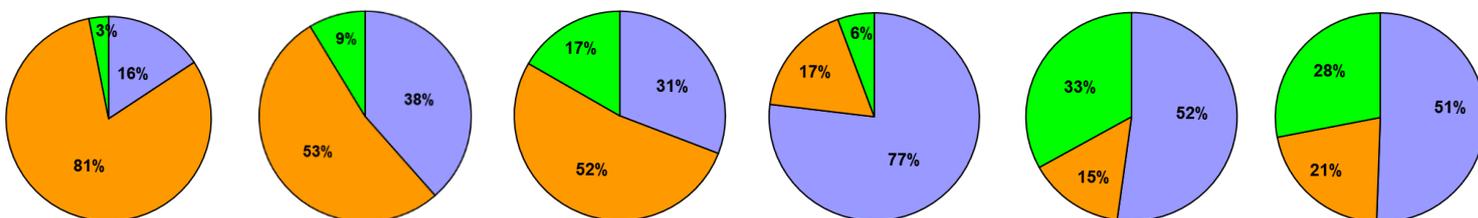


ANNEXE 6. Répartition des concentrations en herbicides, insecticides et fongicides de 2012 à 2017 en Avignon, Cavillon et Toulon

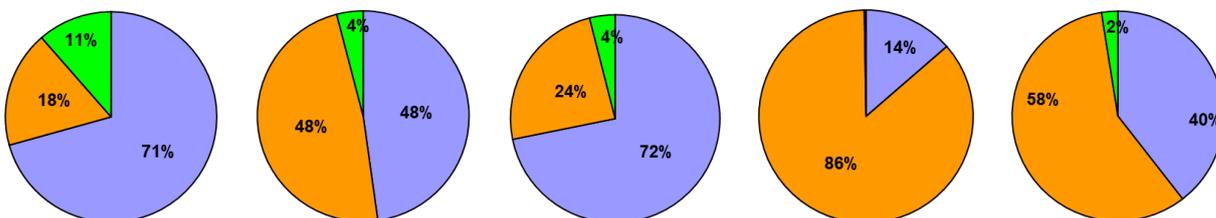
Avignon



Cavillon



Toulon



2012

2013

2014

2015

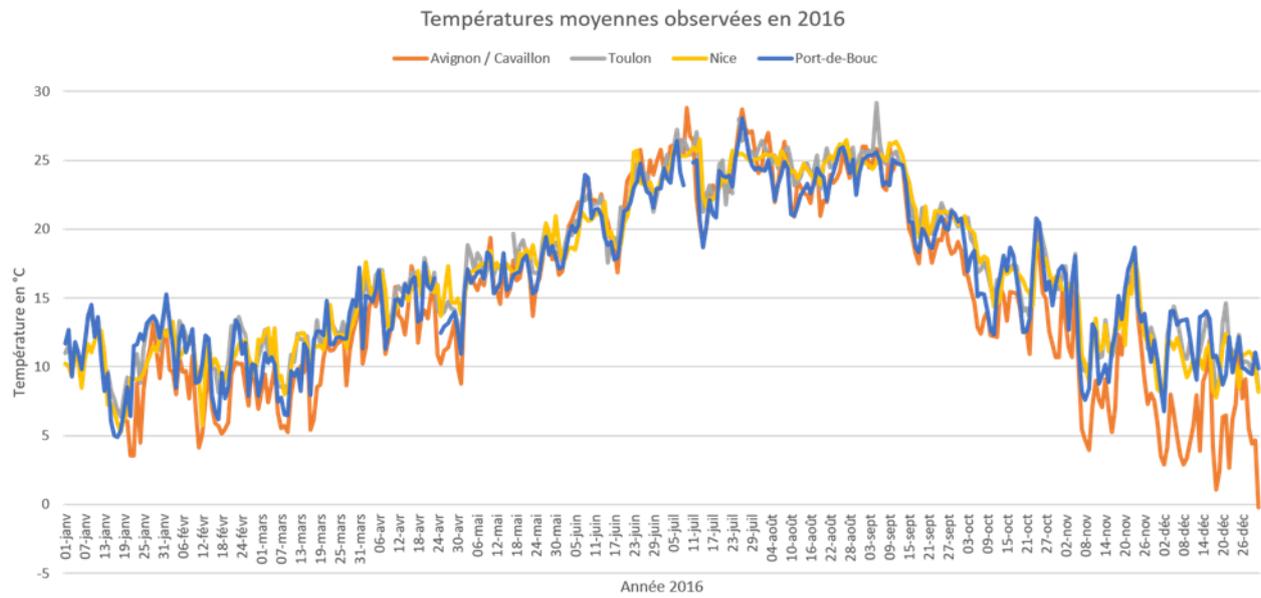
2016

2017

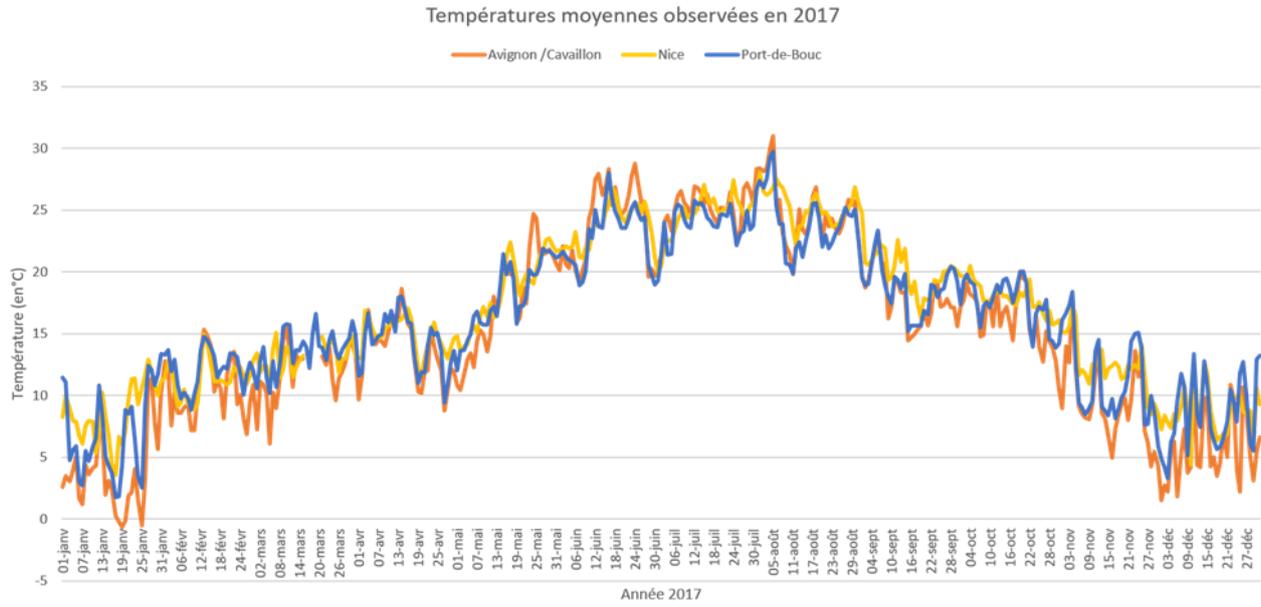
ANNEXE 7. Synthèse météorologique et produits phytosanitaires

	TEMPERATURES	VENTS	PRECIPITATIONS
HERBICIDES	Toute l'année sauf sécheresse moins favorable au développement des adventices.	Majorité des observations pour des vents moyens <5 m.s ⁻¹ .	Diminution des concentrations en substances actives dans l'air quand les précipitations augmentent.
INSECTICIDES	Printemps/été Naissance et multiplication d'insectes.	<u>Causes</u> : Volatilisation des molécules les plus volatiles Soulèvement des particules (érosion éolienne)	Causes : Lessivage de l'atmosphère (impaction).
FONGICIDES	Printemps/été Temps chaud et humide : Plus favorable au développement des champignons	Dérive et dilution des composés dans l'air Bonnes pratiques agricoles (pas de traitement par vents forts).	Bonnes pratiques agricoles (pas de traitement par fortes précipitations).

ANNEXE 8. Températures moyennes journalières observées en 2016



ANNEXE 9. Températures moyennes journalières observées en 2017



ANNEXE 10. Occupation du sol à Cavailon et Avignon

Legende

CORINE Land Cover

Territoires artificialisés - Zones urbanisées

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

Territoires agricoles - Terres arables

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence

Territoires agricoles - Cultures permanentes

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits

Territoires agricoles - Prairies

- 231 : Prairies

Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes

- 240 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Forêts et milieux semi-naturels - Forêts

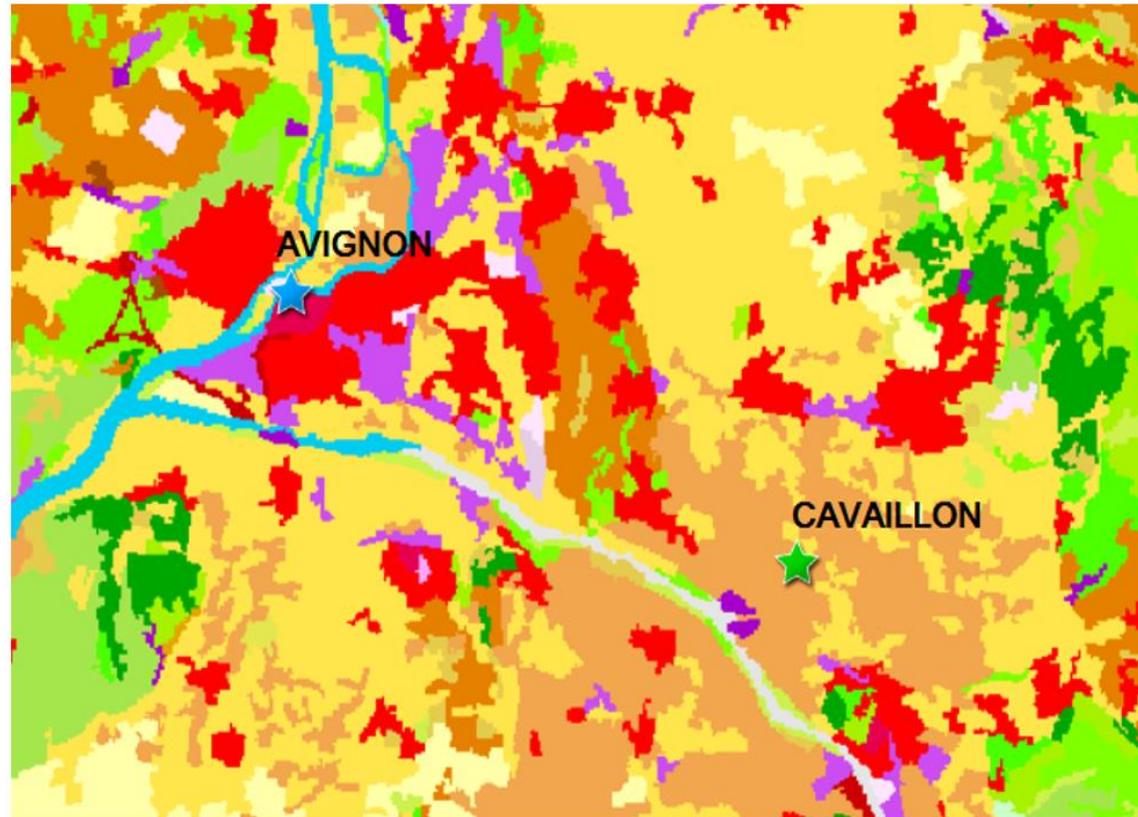
- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mélangées

Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et broussailles
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 335 : Glaciers et neiges éternelles



Source : CORINE Land Cover

ANNEXE 11. Occupation du sol à Port-de-Bouc

Legende

CORINE Land Cover

Territoires artificialisés - Zones urbanisées

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

Territoires agricoles - Terres arables

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence

Territoires agricoles - Cultures permanentes

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits

Territoires agricoles - Prairies

- 231 : Prairies

Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes

- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Forêts et milieux semi-naturels - Forêts

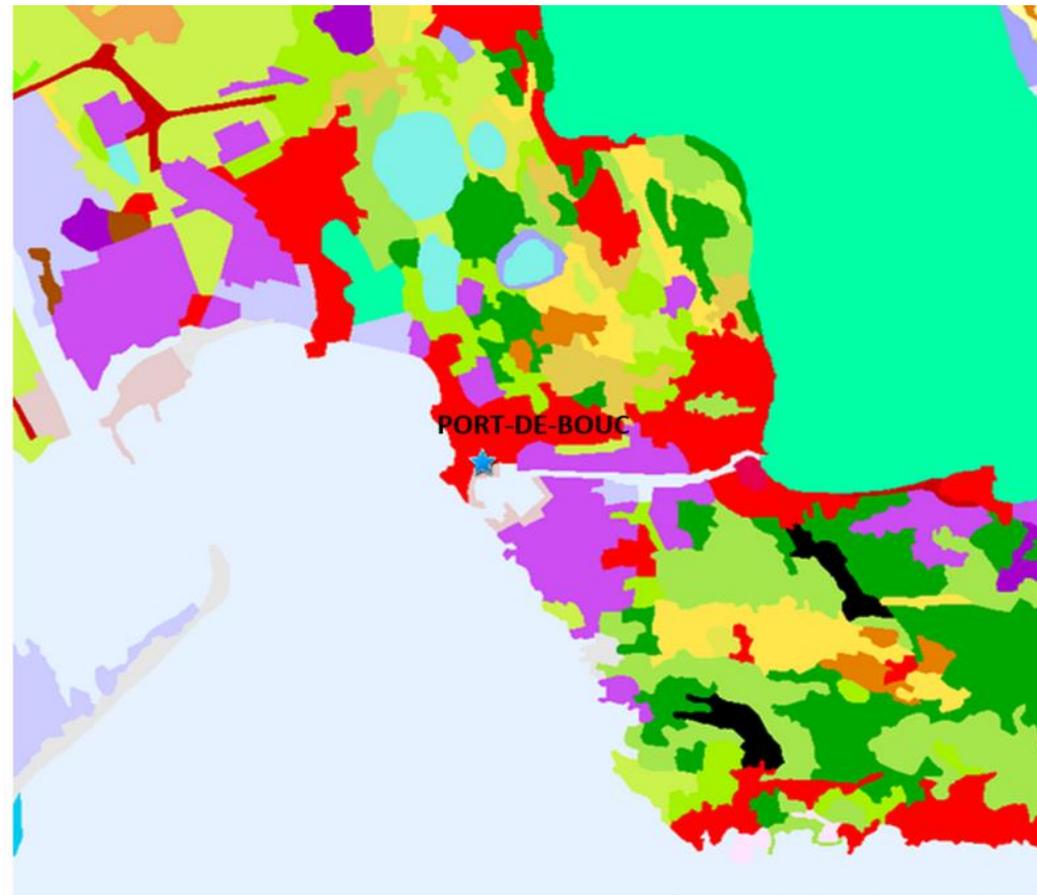
- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mélangées

Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et broussailles
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 335 : Glaciers et neiges éternelles



Source : CORINE Land Cover

ANNEXE 12. Occupation du sol à Cannes et Nice

Legende

CORINE Land Cover

Territoires artificialisés - Zones urbanisées

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

Territoires agricoles - Terres arables

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence

Territoires agricoles - Cultures permanentes

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits

Territoires agricoles - Prairies

- 231 : Prairies

Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes

- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Forêts et milieux semi-naturels - Forêts

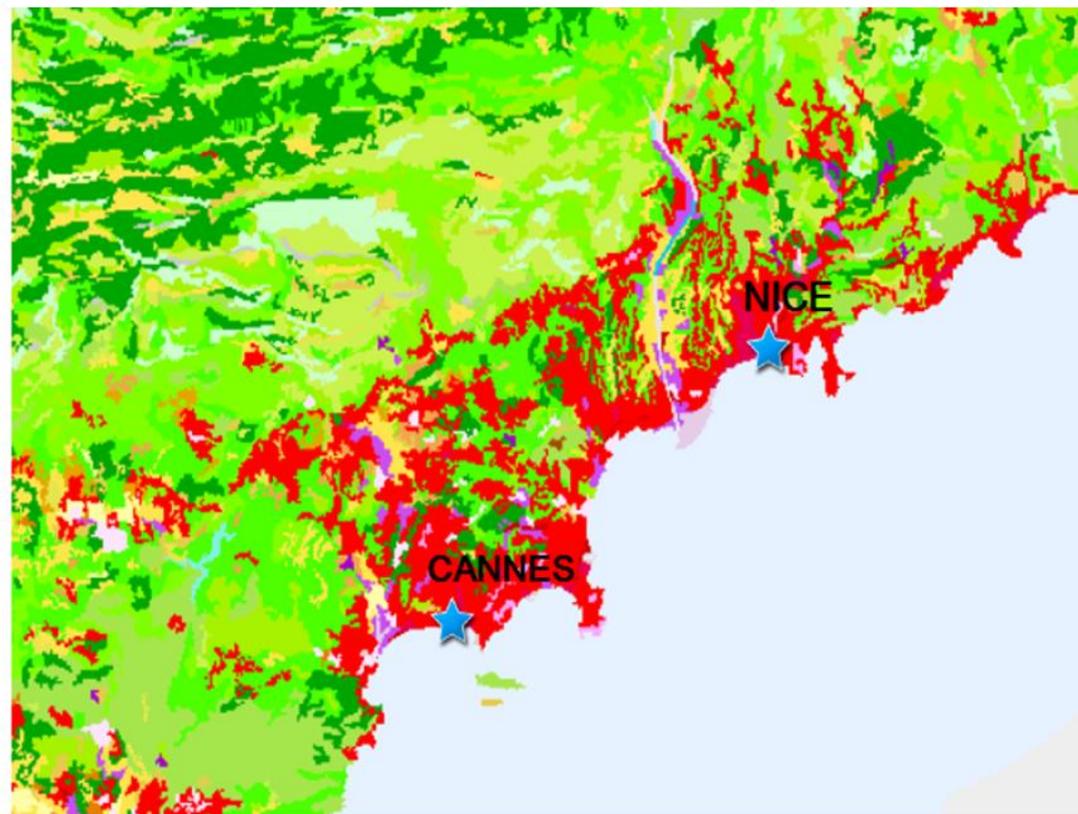
- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mixtes

Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et broussailles
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 335 : Glaciers et neiges éternelles



Source : CORINE Land Cover

ANNEXE 13.

ANNEXE 14. Occupation du sol à Arles

Legende

CORINE Land Cover

Territoires artificialisés - Zones urbanisées

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

Territoires agricoles - Terres arables

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence

Territoires agricoles - Cultures permanentes

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits

Territoires agricoles - Prairies

- 231 : Prairies

Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes

- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Forêts et milieux semi-naturels - Forêts

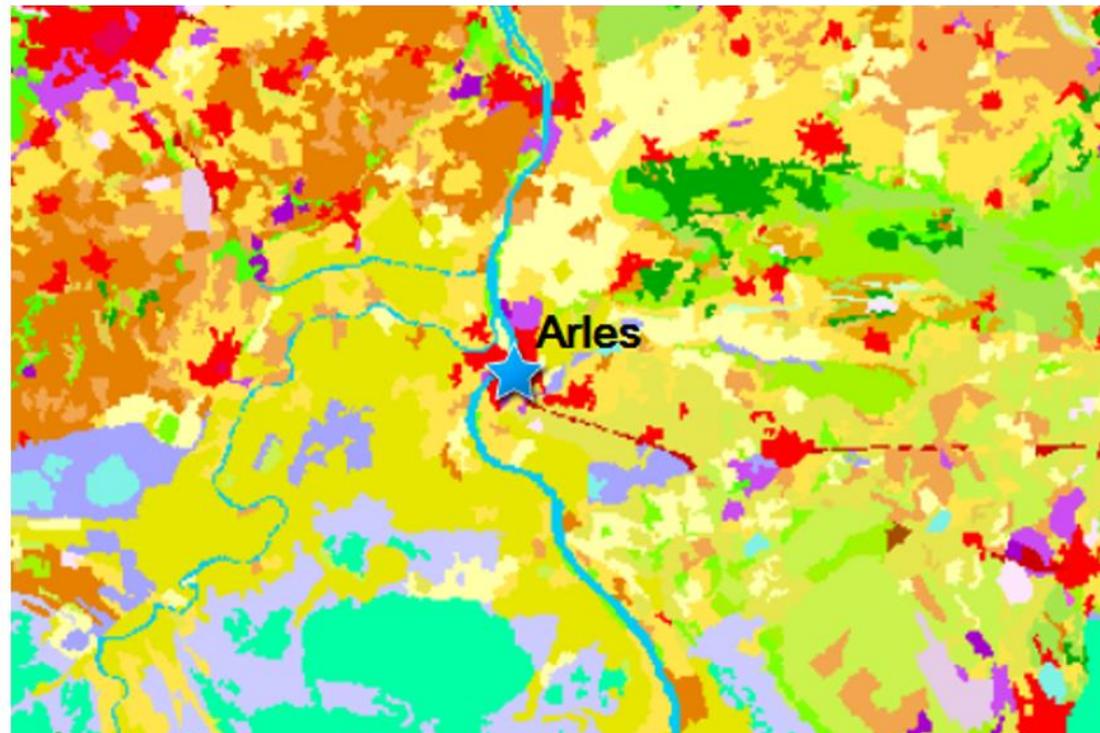
- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mélangées

Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et bruyères
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 335 : Glaciers et neiges éternelles



Source : CORINE Land Cover

ANNEXE 15. Occupation du sol à Toulon

Legende

CORINE Land Cover

Territoires artificialisés - Zones urbanisées

- 111 : Tissu urbain continu
- 112 : Tissu urbain discontinu

Territoires artificialisés - Zones industrielles ou commerciales et réseaux de communication

- 121 : Zones industrielles et commerciales
- 122 : Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
- 123 : Zones portuaires
- 124 : Aéroports

Territoires artificialisés - Mines, décharges et chantiers

- 131 : Extraction de matériaux
- 132 : Décharges
- 133 : Chantiers

Territoires artificialisés - Espaces verts artificialisés, non agricoles

- 141 : Espaces verts urbains
- 142 : Equipements sportifs et de loisirs

Territoires agricoles - Terres arables

- 211 : Terres arables hors périmètres d'irrigation
- 212 : Périmètres irrigués en permanence

Territoires agricoles - Cultures permanentes

- 221 : Vignobles
- 222 : Vergers et petits fruits

Territoires agricoles - Prairies

- 231 : Prairies

Territoires agricoles - Zones agricoles hétérogènes

- 242 : Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- 243 : Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants

Forêts et milieux semi-naturels - Forêts

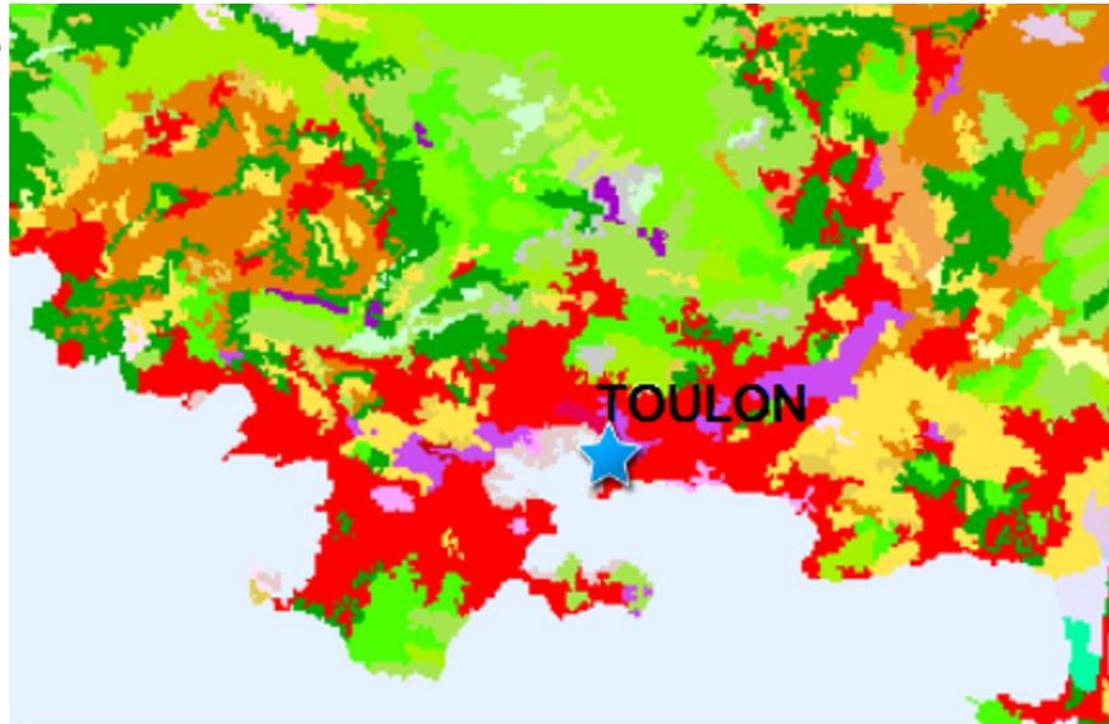
- 311 : Forêts de feuillus
- 312 : Forêts de conifères
- 313 : Forêts mélangées

Forêts et milieux semi-naturels - Milieux à végétation arbustive et/ou herbacée

- 321 : Pelouses et pâturages naturels
- 322 : Landes et bruyères
- 324 : Forêt et végétation arbustive en mutation

Forêts et milieux semi-naturels - Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation

- 331 : Plages, dunes et sable
- 332 : Roches nues
- 333 : Végétation clairsemée
- 335 : Glaciers et neiges éternelles



Source : CORINE Land Cover

Références

Documents guides :

Index phytosanitaire ACTA 2013

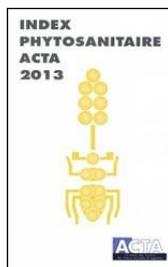
Auteurs : [Alice COUTEUX](#), [Violaine LEJEUNE](#)

Editeur : [ACTA](#)

Année : 11/2012 (49ème édition)

Nombre de pages : 984

ISBN 13 : 9782857942740



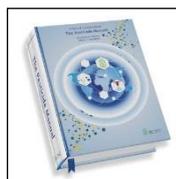
The Pesticide Manual

Editeur : British Crop Production Council

Année : 11/2012 (16ème édition)

Nombre de pages : 1440

ISBN 13 : 9781901396867



Publications de l'Observatoire des Résidus de Pesticides

Contamination de l'air

Recommandations et perspectives pour une surveillance nationale de la contamination de l'air par les pesticides

Rapport scientifique ORP, octobre 2010



Exposition aux pesticides

Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France

Rapport scientifique ORP, octobre 2010



Propriétés des pesticides

Synthèse et recommandations du comité d'orientation et de prospective scientifique de l'ORP

Rapport scientifique ORP, octobre 2010



Références

- Air PACA, LCE, 2012 : Mise en place d'un observatoire des résidus de pesticides (ORP) en PACA – Note technique – Année 1 – Février 2012.
- Air PACA, LCE, 2012 : Observatoire des Résidus de Pesticides en région PACA : rapport d'étude - résultats 2012. http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/131031_AirPACA_ORP_pesticides_2012_net.pdf
- Air PACA, LCE 2012 : Observatoire des Résidus de Pesticides en région PACA : synthèse - résultats 2012.
- http://www.airpaca.org/sites/paca/files/publications_import/files/140500_AirPACA_synthese_pesticide_2012_net.pdf
- Air PACA, LCE, 2013 : Observatoire des Résidus de Pesticides en région PACA : synthèse - résultats 2013.
- http://www.airpaca.org/sites/paca/files/atoms/files/131110_synthese_pesticides_2013_aa_0.pdf
- Air PACA, LCE, 2014 : Observatoire des Résidus de Pesticides en région PACA : rapport d'étude – intercomparaison 2012, 2013, 2014.
- http://www.airpaca.org/sites/paca/files/atoms/files/20151110_rapport_pesticides_2014_vf_aa.pdf
- Air PACA, LCE, 2015 : Observatoire des Résidus de Pesticides en région PACA : rapport d'étude – résultats 2015.
- https://www.atmosud.org/sites/paca/files/atoms/files/20151122_airpaca_orpaca_pesticides_2015_aa_vf.pdf
- ATSDR, 2005a. Toxicological profile for alpha-, beta, gamma- and delta-hexachlorocyclohexane.
- (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>).
- ATSDR, 2005b. Agency for toxic substances and disease registry, hexachlorocyclohexane, CAS 608-71-1. (<http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts43.pdf>).
- Blais J.M., Schindler D.W., Muir D.C.G., Kimpe L.E., Donald D.B., Rosenberg B., 1998. Accumulation of persistent organochlorine compounds in mountains of western Canada. *Nature*, 395, 585-588.
- CORPEN, Les produits phytosanitaires dans l'air. Origine, surveillance et recommandations pratiques en agriculture, groupe AIR'PHYT 2007.
- Désert Marine, Sylvain Ravier, Grégory Gille, Angéline Quinapallo, Alexandre Armengaud, Gabrielle Pochet, Jean-Luc Savelli, Henri Wortham, Etienne, Quivet. Spatial et temporal distribution of Current-Use Pesticides in ambient air of Provence-Alpes-Côte-d'Azur Region and Corsica, France. *Atmospheric Environment*; [Volume 192](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231018305752), November 2018, Pages 241-256 - <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231018305752>
- EU Pesticides Data base : http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/
- E-Phy : le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France : <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>
- Fabre B., Heintz V., Roth E., 2005. Les isomères de l'hexachlorocyclohexane. Rapport bibliographique de l'ADEME. (http://www.ademe.fr/alsace/pdf/PDF_LINDANE.pdf).
- Fréry N, Guldner L, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Bidondo ML, 2013 : Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Tome 2 - Polychlorobiphényles (PCB-NDL) et pesticides. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 178 p
- INERIS, 2007. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : HEXACHLOROCYCLOHEXANE, 22p. (<http://rsde.ineris.fr>)
- INERIS, 2009 : Observation des niveaux de concentration en pesticides dans l'air ambiant – INERIS – Décembre 2009.
- INERIS, 2009 : BNV-D 2009 (Banque nationale des ventes pour les distributeurs) – INERIS – <https://bnvd.ineris.fr>
- INSERM, 2013 : Pesticides et santé – Effets sur la santé. Les éditions Inserm, 2013, 161 p
- LIG'AIR 2014, surveillance des produits phytosanitaires dans l'air ambiant en région Centre, Journées Techniques de l'Air, Bastia 2014
- Ravier et al., 2005, Field experiments for the evaluation of pesticide spray-drift on arable crops, *Pest Manag. Sci.*, 61, 728-736, 2005.
- US EPA, 2006, Reregistration Eligibility Decision for Cypermethrin – www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/cypermethrin_red.pdf

OBSERVATOIRE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS L'AIR EN PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Bilan 2016/2017

- Le maximum du cumul d'**herbicides** est enregistré systématiquement à **Cavaillon** avec 4 ng.m^{-3} en 2015, 12 ng.m^{-3} en 2016 et 15 ng.m^{-3} en 2017. Le principal herbicide responsable de ces niveaux est la **pendiméthaline**. Elle est présente sur tous les sites. Les pourcentages moyens de détection pour cette molécule sont de 36 % en 2015, 63 % en 2016 et 66 % en 2017. Néanmoins, **les cumuls de concentrations en herbicides ont fortement baissé depuis 2012** (-48 % à Cavaillon, -69 % en Avignon et -98 % à Toulon).
- Le site rural de Cavaillon n'enregistre plus les plus forts cumuls d'**insecticides**. Les concentrations cumulées du **chlorpyrifos-éthyl** ont considérablement chuté. Enregistré à hauteur de 711 ng.m^{-3} en 2012 sur le site de Cavaillon, le chlorpyrifos-éthyl est retrouvé à 5 ng.m^{-3} en 2016 et 6 ng.m^{-3} en 2017, soit une diminution de -99 % entre 2012 et 2017. En 2017, l'insecticide prédominant est la **perméthrine**. Cette substance représente 28 % des concentrations en 2017 tous insecticides et sites confondus. Sa concentration atteint un maximum de 7 ng.m^{-3} sur le site de Nice. Le **lindane** est, comme les années précédentes, **retrouvé dans plus de 95 % des échantillons** et sur tous les sites. Cette substance est pourtant interdite depuis 1998. **Les concentrations moyennes sont en baisse de -85 % par rapport à 2012.**
- Dans les échantillons de 2016, aucune présence du **folpel** n'a été observé. Ce **fongicide** reste néanmoins la substance la plus enregistrée en 2017. Les concentrations cumulées en folpel atteignent un maximum de 27 ng.m^{-3} en Avignon. A Cavaillon, les concentrations cumulées de cette substance varient de 107 ng.m^{-3} en 2012 à 19 ng.m^{-3} en 2017, soit une baisse de -82 % en 2017.
- **Globalement, de 2012 à 2017 pour les sites d'Avignon et de Cavaillon, le cumul des concentrations a diminué de -90 % en moyenne sur l'ensemble des 59 molécules recherchées.**



Responsable de publication : Alexandre Armengaud - Publication : 10/2018