



AIRPARIF
Surveillance de la Qualité de l'Air
en Ile-de-France

EVALUATION DES CONCENTRATIONS EN PESTICIDES DANS L'AIR FRANCILIEN : CAMPAGNE EXPLORATOIRE

Juin 2007

Etude réalisée par :

AIRPARIF Surveillance de la Qualité de l'Air en Ile-de-France

Pôle Etudes

7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - www.airparif.asso.fr

Pour :

Conseil d'Administration d'AIRPARIF

7, rue Crillon 75004 PARIS – Tél. : 01.44.59.47.64 - Fax : 01.44.59.47.67 - www.airparif.asso.fr

SOMMAIRE

I	INTRODUCTION.....	4
II	LES PESTICIDES	5
II.1	Utilisation des pesticides en Ile-de-France	5
II.1.1	Les usages agricoles	5
II.1.2	Les usages non-agricoles.....	7
II.2	Impact sanitaire des pesticides	8
II.2.1	Toxicité aiguë	8
II.2.2	Toxicité chronique	8
II.3	Passage des pesticides dans l'atmosphère.....	10
II.3.1	La dérive	11
II.3.2	La volatilisation post application	12
II.3.3	L'érosion éolienne	12
III	MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE DE MESURE	13
III.1	Localisation des sites de mesure	13
III.2	Période de mesure.....	16
III.3	Dispositif de mesure.....	16
III.4	Les pesticides recherchés dans le cadre de l'étude	17
III.5	Qualité de la mesure	19
IV	COMMENTAIRES METEOROLOGIQUES.....	21
V	DES PESTICIDES DANS L'ATMOSPHERE FRANCILIENNE : EN ZONE RURALE COMME EN ZONE URBAINE	24
V.1	Plus de pesticides retrouvés dans l'air en Beauce (Bois-Herpin) qu'à Paris	24
V.2	Les pesticides retrouvés dans l'air différents de ceux retrouvés dans l'eau.....	25
V.3	Un nombre de pesticides dans l'air ambiant qui augmente au milieu du printemps pour stagner vers la fin.....	25
V.4	Des concentrations généralement plus faibles à Paris qu'en Beauce (Bois-Herpin) .	27
VI	LES PRATIQUES EN ZONES AGRICOLES OU NON AGRICOLES INFLUENT DIRECTEMENT SUR LA PRESENCE DES PESTICIDES DANS L'AIR AMBIANT	29
VI.1	Classification des composés suivant leur utilisation	29
VI.2	Des profils de concentration des pesticides dans l'air nuancés suivant les sites.....	30
VI.2.1	Des concentrations importantes pour les produits utilisés sur les cultures dominantes en Ile-de-France.	31
VI.2.2	Les concentrations des composés liés à des activités non-agricoles plus élevées dans l'agglomération parisienne	33
VI.2.3	Les pesticides associés à des cultures mineures en Ile-de-France retrouvés à des concentrations généralement faibles.....	34
VI.2.4	Un niveau de fond persistant pour certains composés interdits d'utilisation.....	34
VI.3	L'évolution temporelle des concentrations liée aux traitements	36
VII	CONCLUSION	39

ANNEXE 1 :	40
ANNEXE 2 :	42
ANNEXE 3 :	43
ANNEXE 4 :	45

I INTRODUCTION

Le traitement des cultures s'effectue en employant des insecticides, fongicides, herbicides, ... regroupés sous le nom de pesticides, appelés aussi produits phytosanitaires. Ces produits permettent de lutter contre les organismes nuisibles afin notamment d'améliorer la quantité et la qualité des productions agricoles. L'utilisation des pesticides ne se restreint pas au domaine agricole, puisqu'ils sont aussi localement utilisés pour l'entretien de la voirie, des voies ferrées, des parcs et jardins, des cimetières, par les « jardiniers amateurs », par les golfs et les hippodromes, Les différents types de pesticides, à travers leur application, se dispersent de manière plus ou moins importante dans l'environnement et notamment dans l'atmosphère. Les produits phytosanitaires peuvent se retrouver dans l'air ambiant soit lors de l'application des composés soit après le traitement en se volatilisant à partir du sol et de la végétation. Ainsi, de 25 à 75% des pesticides appliqués seraient transférés vers l'atmosphère selon les modes d'application et les conditions climatiques¹. La présence de pesticides dans l'air ambiant a été démontrée, notamment par de nombreuses études dans les régions françaises, aussi bien en zone rurale qu'en milieu périurbain et urbain, avec des concentrations variant du dixième à plusieurs dizaines de nanogramme par mètre cube selon les composés et les sites².

La toxicité des pesticides est reconnue mais, au contraire des niveaux mesurés dans les eaux destinées à l'alimentation en eau potable et des résidus dans les aliments, les teneurs en pesticides dans l'air ambiant ne sont pas actuellement normées ou réglementées. Toutefois, l'évaluation des concentrations en produits phytosanitaires dans l'air ambiant s'inscrit dans les axes d'action du plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides 2006-2009 et plus particulièrement le titre 4.1 mentionnant « *la mise en place de dispositifs complémentaires de surveillance sur la qualité de l'air* ». Enfin, la documentation des concentrations de pesticides dans l'air ambiant permet de compléter pour ce milieu les informations de l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP), coordonné par l'AFSSET³.

Dans ce contexte, AIRPARIF a décidé de mener en 2006 une étude exploratoire visant l'évaluation des concentrations en pesticides dans l'air ambiant francilien. Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de la DRASS⁴ et des Conseils généraux de Seine-et-Marne et du Val-d'Oise, ainsi que le soutien technique de la DRIAF⁵, du SRPV⁶ et de la DIREN Ile-de-France⁷. Le caractère agricole de l'Ile-de-France est assez marqué, les surfaces cultivées représentant 44% de la superficie totale⁸ de la région. L'agriculture régionale associe les grandes cultures céréalières et les petites exploitations maraîchères et fruitières. Les cultures sont principalement présentes dans la grande couronne (99,5% en surface agricole utilisée). A l'emploi des pesticides pour le traitement des cultures régionales s'ajoute l'utilisation de ces composés dans l'agglomération parisienne à des fins non agricoles.

L'objectif de cette étude exploratoire est d'évaluer les niveaux atmosphériques de pesticides en Ile-de-France sur des sites de typologies distinctes s'agissant de l'utilisation des produits phytosanitaires, de la densité de population et de l'urbanisation environnante.

¹ Hayo M.G. van der Werf, INRA, 1998

² Fédération Atmo : « Contamination de l'air par les produits phytosanitaires : nouvelle composante de la pollution de l'air – Bilan des mesures réalisées par les AASQA »

³ Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

⁴ Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

⁵ Direction Régionale et Interdépartementale de l'Agriculture et de la Forêt

⁶ Service Régional de la Protection des Végétaux

⁷ Direction Régionale de l'Environnement Ile-de-France

⁸ DRIAF Ile-de-France Mars – Mémento 2007 - Mars 2007. Données issues d'AGRESTE – Statistiques agricoles annuelles provisoires 2006. la Surface Agricole Utilisée représente 48%. Le calcul des surfaces cultivées est obtenu en retranchant de la SAU les jachères et les surfaces toujours en herbes.

II LES PESTICIDES

Le terme pesticides désigne de manière générique l'ensemble des produits destinés à combattre les ennemis des végétaux (insectes, champignons, « mauvaises herbes »...). Il est généralement interprété comme « polluants d'origine agricole » uniquement. Or les pesticides constituent un ensemble de substances employées pour différents usages qu'ils soient domestiques, urbains et bien sûr agricoles.

D'un point de vue réglementaire⁹, on distingue deux catégories concernant les pesticides :

- **Les produits phytosanitaires ou produits phytopharmaceutiques**: ce sont des substances chimiques destinées à la protection des végétaux, agricoles ou non, contre les organismes nuisibles. Ils regroupent les insecticides, fongicides, herbicides...
- **Les biocides** : ce sont des substances chimiques utilisées dans les domaines non agricoles contre les organismes nuisibles (protection des charpentes, désinfection, usages domestiques comme le traitement anti-parasitaire des animaux de compagnie).

Une classification simple des produits phytosanitaires consiste à les répertorier en fonction des espèces qu'ils sont censés éliminer. On distingue ainsi :

- Les herbicides destinés à la destruction des végétaux indésirables, c'est-à-dire des plantes indésirables dans une culture
- Les insecticides et les produits assimilés, comme les acaricides :
- Les fongicides employés pour lutter contre les maladies des plantes provoquées par les champignons, les bactéries et les virus
- Les corvicides utilisés pour lutter contre les oiseaux nuisibles
- Les rodenticides destinés à l'élimination des taupes et des rongeurs
- Les molluscides contre les limaces
- Les nématicides contre les nématodes¹⁰
- Les régulateurs de croissance

Les composés les plus couramment utilisés appartiennent soit aux herbicides, soit aux insecticides, soit aux fongicides.

Une dernière classification des pesticides consiste à les regrouper suivant leur appartenance à une famille chimique. Pour illustration, on peut mentionner les toluidines (trifluraline, pendiméthaline...), les triazines (atrazine, simazine...), les organophosphorés (malathion, parathion-méthyl...), les carbamates (carbofuran, carbendazime...), les pyrethrinoides (deltaméthrine...), les triazoles (hexaconazole...), les acétamides (acetochlore, alachlore...), les organochlorés (DDT, lindane...).... Dans chacune des familles chimiques, on retrouve des similitudes de structure et des groupes fonctionnels identiques.

II.1 Utilisation des pesticides en Ile-de-France

II.1.1 Les usages agricoles

L'Ile-de-France possède une agriculture principalement axée sur les grandes cultures complétées par le maraîchage et l'horticulture. La superficie agricole utilisée (SAU) représente 48% du territoire francilien¹¹ et est majoritairement destinée à la production de blé tendre représentant 5% de la production nationale. C'est la troisième région productrice de rose et de laitue et la sixième concernant le blé tendre. Les activités de maraîchage et d'horticulture situées généralement en périphérie de l'agglomération parisienne semblent de plus en plus menacées en raison de l'expansion urbaine. Les cultures sont donc réparties majoritairement en Seine-et-Marne (59%), puis en Yvelines (16%), en Essonne (15%) et en Val d'Oise (10%). Les bassins agricoles franciliens (Beauce, Brie, Goële, Multien, Vexin...) abritent donc principalement des grandes cultures. Toutefois, quelques nuances sont à apporter avec la présence d'exploitations fruitières et de maraîchage dans les vallées

⁹ Article 3 du Règlement n° 304/2003/CE du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2003 concernant les exportations et importations de produits chimiques dangereux (JOCE n° L 63 du 6 mars 2003)

¹⁰ vers cylindriques et effilés généralement de très petite taille, pullulant dans le sol

¹¹ D'après Agreste – la statistique agricole « Mémento Ile de France - Résultats 2005 et années antérieures », DRAF et DDAF, 2006.

de l'Hurepoix (91) et la plaine de Montesson (78), de vergers dans les vallons du Mantois (78) et d'élevage en Brie et en Gâtinais (77).

La culture des céréales occupe 67% de la surface cultivée¹², avec une forte dominance de la culture du blé tendre sur les autres céréales (maïs, orge,...). Le tiers restant est divisé entre la culture des oléagineux (colza essentiellement), des protéagineux (pois, soja,...), des betteraves et des cultures légumières (cf Tableau 1)¹¹. Les cultures de céréales (blé, maïs, orge...) complétées par la production de colza et de betteraves, sont largement majoritaires en Ile-de-France. Notons que les surfaces en maïs grain diminuent depuis 1988 et qu'une nette progression des surfaces en colza est observée¹³.

	Superficie en ha	% par rapport à la SAU régionale
Terres arables :	559 029	96.4%
Céréales :	349 695	60.3%
<i>Blé tendre</i>	249 116	43.0%
<i>Orge</i>	63 058	10.8%
<i>Maïs grain</i>	30 384	5.2%
Oléagineux	62 780	10.8%
<i>Colza</i>	58 510	10.1%
Protéagineux	46 512	8.0%
<i>Pois</i>	29 945	5.2%
Betteraves industrielles	39 472	6.8%
Plantes à fibres	3 790	0.6%
Pommes de terre et légumes frais	8 332	1.4%
<i>Maraîchage</i>	2 325	0.4%
Floriculture	341	0.1%
Fourrages	1 685	0.3%
<i>Maïs fourrage</i>	1 513	0.3%
Jachères (pas de récolte)	42 765	7.4%
Autres terres arables	1 507	0.3%
Surface toujours en herbes des exploitants	15 443	2.7%
Jardins et vergers familiaux des exploitants	131	0.0%
Cultures fruitières	1 206	0.2%
Vignes	24	0.0%
Pépinières ligneuses	878	0.2%
Total SAU	579 646	100%
Jardins et vergers familiaux (hors exploitants agricoles)	5 821	Hors SAU

Tableau 1 : **Surface et répartition des cultures par rapport à la Superficie Agricole Utilisée en Ile-de-France (Données 2005 – Source Agreste).**

Les cultures présentes en Ile-de-France sont traitées par des produits phytosanitaires. Ces produits sont appliqués pour lutter contre les adventices¹⁴, les insectes, les maladies et aussi pour réguler la croissance des productions....

Comme présenté auparavant, les grandes cultures sont très largement majoritaires en Ile-de-France. La consommation de pesticides engendrée par les grandes cultures franciliennes a pu être estimée pour l'année 2001¹³ par le SRPV. Les grandes cultures considérées sont le blé, le maïs, le colza, l'orge d'hiver et de printemps, l'escourgeon, la betterave, le lin, le pois, le tournesol, l'avoine et le seigle. Elles représentent 87% de la surface agricole utilisée.

¹² Surface agricole utilisée hors jachères et surface toujours en herbe

¹³ Phyt'eaux propres, La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région Ile-de-France – Bilan d'activité 1997 - 2001

¹⁴ qui croît sur un terrain cultivé sans avoir été semé

L'estimation des quantités appliquées est basée sur une enquête des pratiques culturales datant de 2001 et la définition de traitement phytosanitaire type (produits, dose...) réalisée en 1999. Une telle estimation présente évidemment des limites mais permet d'obtenir un ordre de grandeur des apports phytosanitaires agricoles au niveau régional en 2001. Ainsi, la quantité de pesticides a été évaluée à 1 235 tonnes de matière active sur les grandes cultures franciliennes, soit une dose moyenne tous usages confondus de 2,1 kg/ha¹³. Les résultats d'une nouvelle enquête seront disponibles dans le courant de l'année 2007. De manière plus détaillée, la Figure 1 présente la répartition en fonction de leurs usages des quantités appliquées de pesticides évaluées pour les grandes cultures d'Ile-de-France en 2001.

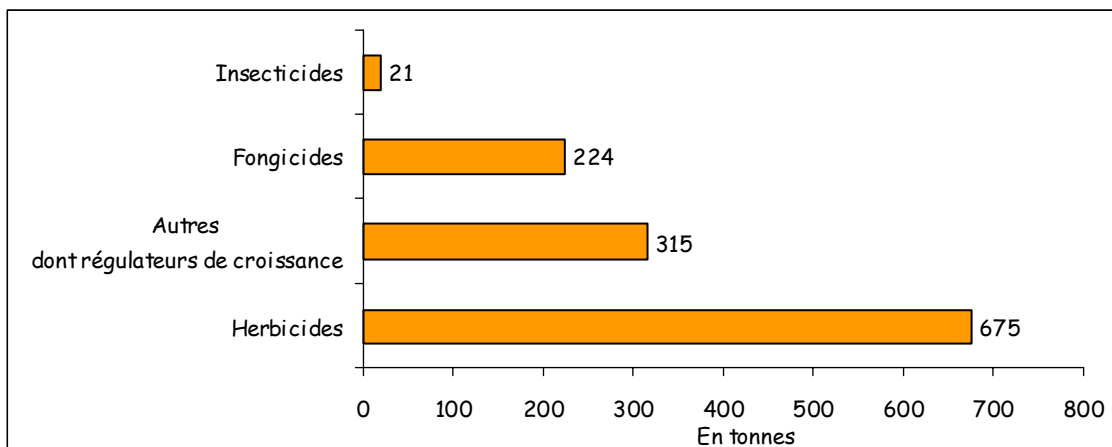


Figure 1 : Evaluation des quantités de matières actives utilisées sur les grandes cultures franciliennes pour 2001 (en tonnes)

Les herbicides représentent plus de la moitié des quantités épandues (54%). Ces composés sont largement appliqués pour le traitement des grandes cultures, alors que les exploitations arboricoles et viticoles sont plus consommatrices de fongicides. Pour illustration, la vigne avec moins de 3% de la surface agricole utile au niveau national représente 20% de la consommation des produits phytosanitaires, dont 80% sont des fongicides¹⁵. Ces fongicides représentent 18% des substances actives épandues sur les grandes cultures franciliennes et les insecticides uniquement 2%. En arboriculture, le verger de pommiers recevait en moyenne 17,6 traitements fongicides et 10,6 traitements insecticides/acaricides par an pour l'année 1997¹⁶. La part occupée par les autres composés (régulateurs de croissance, traitements des sols, acaricides...) est loin d'être faible, puisqu'elle s'élève à 26% de la quantité épandue sur les grandes cultures régionales. Notons que les quantités et la répartition suivant les usages peuvent varier d'une année à une autre en fonction de la pression parasitaire¹⁷.

II.1.2 Les usages non-agricoles

L'utilisation des pesticides ne se résume pas seulement au domaine agricole. Au niveau national, 9% des tonnages¹⁸ seraient destinés à un usage non agricole, regroupant l'usage des particuliers, l'utilisation pour les espaces verts et les cimetières ainsi que l'entretien des voiries et des réseaux de transport (DDE, SNCF, RATP...). L'utilisation par les particuliers représente, au niveau national, 86% du tonnage en zone non agricole, puis 10% pour les communes, 2% pour la SNCF et 1% pour les DDE¹⁹. Les produits utilisés sont en très grande majorité des herbicides.

¹⁵ L'observatoire des résidus de pesticide (<http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr>), site administré par l'AFSSET.

¹⁶ INRA et CEMAGREF « Pesticides, agriculture et environnement – Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » Expertise scientifique collective, Décembre 2005

¹⁷ Phyt'eaux propres, La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région Ile-de-France – Bilan d'activité 1997 - 2001

¹⁸ Distribution des tonnages de produits phytosanitaires vendus en France en 2000, selon les principaux utilisateurs (Source : UPJ, UIPP, données 2000)

¹⁹ données communiquées par la DIREN et le SRPV Ile-de-France

Les traitements réalisés par les particuliers sont destinés à l'entretien des jardins, des potagers ainsi que des routes et chemins privés. Les herbicides semblent très majoritairement utilisés par les particuliers.

Les espaces verts, et de façon plus générale les espaces publics, font l'objet de traitements phytosanitaires qui garantissent l'esthétisme et la propreté recherchés. Ces traitements désherbants concernent les parcs, les jardins publics, les cimetières, les parkings ou les terrains de sport²⁰.

Concernant les voies routières et leurs emprises latérales (chaussées, accotements...), un désherbage est réalisé pour des raisons de sécurité et d'esthétisme. Il est généralement effectué, suivant la nature des voies, par les DDE, les sociétés autoroutières, les services communaux des voiries et les services voiries des conseils généraux. Une enquête du SRPV datant de 1994 estimait en Ile-de-France à plus de 5 tonnes les substances épandues annuellement pour l'entretien des routes²⁰.

La RATP et la SNCF traitent aussi les voies ferrées pour des raisons de sécurité (stabilité des voies de roulement des trains, visibilité, efficacité des freinages et sécurité du personnel d'entretien). Les traitements réalisés par la SNCF sur le réseau principal se déroulent de mars à juillet à l'aide de train désherbeur à grand rendement (TDGR).

A ces différentes utilisations s'ajoutent l'emploi des phytosanitaires dans le cadre de l'entretien des golfs, des hippodromes, des aérodromes, des terrains militaires, des ouvrages d'art....

L'ensemble des pratiques en zone non agricole se caractérise par des tonnages évidemment moins importants que ceux employés par l'agriculture. Cependant, des problèmes de surdosage et des mauvaises conditions d'utilisation sont constatés, en raison de l'absence de formation et par méconnaissance des produits utilisés. Ce constat doit être nuancé par une prise de conscience de plus en plus importante de la pollution engendrée par ce type de produits. Pour illustration, on peut citer les efforts de formation et de limitation d'utilisation menés au sein de la SNCF²¹ et la réduction des doses par les DDE. Pour exemple, la consommation annuelle de la subdivision de Coulommiers est passée de 600 à 150 litres en 20 ans²⁰. Mentionnons aussi les actions des collectivités locales comme la Ville de Paris ou la Ville de Marcoussis qui favorisent les méthodes alternatives, la réduction des quantités et la formation du personnel^{20 22}.

Les traitements en zone non agricole se déroulent généralement en parallèle à ceux réalisés par les agriculteurs, à savoir globalement entre mars et juin avec un pic pendant le mois d'avril. Les applications des particuliers seraient toutefois légèrement décalées et un traitement d'appoint aurait lieu en juin/juillet²⁰.

Quant aux activités biocides (désinfection des locaux, traitement des bois et charpentes, usages vétérinaires, antiparasites..), elles sont tellement diverses et complexes que l'évolution de ces dernières au cours de l'année reste difficile à documenter.

II.2 Impact sanitaire des pesticides

II.2.1 Toxicité aiguë

Les effets aigus des pesticides chez l'homme, c'est à dire suite à une exposition importante et unique, sont maintenant assez bien documentés. Il s'agit de brûlures chimiques au niveau des yeux, de lésions cutanées, de troubles hépatiques, de troubles digestifs et respiratoires et encore plus fréquemment d'effets neurotoxiques. Ces effets surviennent en cas d'empoisonnements accidentels (jardiniers amateurs, enfants ayant accès à des pesticides) ou volontaires (suicides) et ce sont les agriculteurs, qui utilisent des doses de produits importantes, qui constituent une population davantage exposée. Les délais d'apparition varient en fonction de la toxicité intrinsèque du produit utilisé, de la dose reçue, de la voie d'exposition et de la sensibilité de la personne²³.

II.2.2 Toxicité chronique

On entend par exposition chronique une exposition répétée dans le temps à des faibles intensités. Pour ce type d'exposition, les effets des pesticides sur la santé sont difficiles à estimer. Cette difficulté

²⁰ Phyt'eaux propres, La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région Ile-de-France – Bilan d'activité 1997 - 2001

²¹ Journal Actu Environnement du 23 mars 2007 : « La SNCF et la RFF s'engagent à travers un accord-cadre pour limiter l'utilisation des pesticides sur les voies ».

²² <http://www.paris.fr/>

²³ ORS Nord Pas de Calais, "Exposition de la population aux pesticides dans la région Nord Pas de Calais : apports du programme PHYTO AIR, décembre 2005, Hélène PROUVOST, Christophe DECLERCQ

est accentuée pour la population en général par rapport aux populations agricoles. En effet, les études sur le sujet sont rares et se heurtent à de nombreuses difficultés méthodologiques comme par exemple la reconstitution précise de l'exposition des individus. Pour le moment, les études émettent des hypothèses et d'éventuels liens entre certaines pathologies et l'exposition des personnes aux pesticides.

II.2.2.1 Pesticides et cancers

Les études sur la santé des agriculteurs montrent qu'ils possèdent généralement une durée de vie plutôt supérieure à la moyenne, en raison d'une sous mortalité par les maladies cardiovasculaires et par cancer en général. Cependant, des cancers bien spécifiques apparaissent plus fréquemment dans les populations agricoles que dans la population générale. Il s'agit des cancers des tissus hématopoïétiques (leucémies, myélomes et lymphomes) et conjonctifs, de la plèvre, de l'estomac, de la prostate, de la peau et du cerveau^{23,24,25}.

Chez l'enfant, l'exposition aux pesticides (lors de la grossesse ou pendant l'enfance), pouvant provenir du travail agricole des parents, de la contamination domestique de l'habitat ou de l'alimentation est le plus souvent relié aux tumeurs cérébrales. Pour les leucémies, l'association est évoquée lors de la période de grossesse et d'enfance avec des risques plus importants lorsque l'exposition concerne la mère²⁶.

En ce qui concerne la population en général, les études²⁷ sont limitées et doivent être approfondies car des contradictions existent entre les différents résultats.

Plusieurs pesticides comme le lindane et le chlorothalonil sont classés par l'IARC (International Agency for Research on Cancer) dans le groupe 2B : possible cancérigène pour l'homme^{28,29}. Pour information, le lindane est interdit d'utilisation en tant que produit phytosanitaire³⁰.

II.2.2.2 Pesticides et troubles de la reproduction

Pour les troubles de la reproduction, plusieurs études ont suggéré la possibilité d'un lien entre l'exposition aux pesticides et les risques de stérilité masculine, d'excès d'avortements spontanés, de prématurité, de morts-nés, de retard de croissance et de certaines malformations fœtales^{31,32}. Ces troubles ont été décrits comme associés à l'exposition paternelle ou maternelle aux pesticides. Dès la conception jusqu'à la gestation et l'allaitement, tous les enfants conçus de nos jours dans l'hémisphère nord seraient exposés aux pesticides³³.

D'autre part, il a été démontré que l'exposition au dibromochloropropane (nématocide) peut être un des facteurs entraînant l'infertilité masculine, d'autres molécules comme le 2,4 D (herbicide) ont dans le cadre d'exposition professionnelle des effets délétères sur la fertilité masculine²⁵.

Pour la population en général, des études évoquent une corrélation entre retard de croissance intra-utérin et contamination de l'eau de boisson par les pesticides (notamment l'atrazine)³⁴.

II.2.2.3 Pesticides et troubles neurologiques

L'exposition professionnelle aux composés organochlorés et aux organophosphorés est associée dans plusieurs études à l'apparition troubles neuropsychologiques et neurocomportementaux³⁵.

²⁴ Viel Jean François, Richardson Sylvia T., "Lymphoma multiple myeloma and leukaemia among French farmers in relation to pesticide exposure", *Social Science and Medicine*, 1993, vol. 37, n°6, p. 771-777.

²⁵ Risques sanitaires liées à l'utilisation des produits phytosanitaires. Paris : comité de la Prévention et de la Précaution ; 2002

²⁶ F. Menegaux and al., "Household exposure to pesticides and risk of childhood acute leukaemia", *Occupational and Environmental Medicine*, 63(2) [2006]:131-134.

²⁷ Ritter Len, "Report of a panel on the relationship between public exposure to pesticides and cancer", *Cancer*, 15-11-1997, vol. 80, n°10, p.2019-1033, 72 réf.

²⁸ ORS Nord Pas de Calais, "Exposition de la population aux pesticides dans la région Nord Pas de Calais : apports du programme PHYTO AIR, décembre 2005, Hélène PROUVOST, Christophe DECLERCQ.

²⁹ INERIS – Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Lindane – Dernière mise à jour 29/09/2005

³⁰ Le lindane était encore utilisé en 2006 comme biocide, voir paragraphe V1.2.4 pour les usages possibles.

³¹ Arbuckle Tye E. and al., "Pesticide exposures and fetal death : a review of the epidemiologic literature", *Critical Reviews in Toxicology*, 1998, vol. 28, n°3, p. 229-270.

³² Whyatt Rm and al., "Prenatal insecticide exposures and birth weight and length among an urban minority cohort", *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1125-1132.

³³ Collborn T, « A case for revisiting the safety of pesticides : a closer look at neurodevelopment », *Environ Health Perspect* 2006 ; 114 : 10-17.

³⁴ Munger R. and al., "Intrauterine growth retardation in low a communities with herbicide-contaminated drinking water supplies", *Environmental Health Perspectives*, 1997, vol. 105, n°3, p. 308-314.

De manière générale, l'exposition aux pesticides sur des longues durées provoquerait des troubles psychologiques et en particulier des syndromes dépressifs. En particulier, la survenue de suicides dans un groupe (cohorte) d'agriculteurs serait liée à l'utilisation de produits phytosanitaires. Cependant, il convient de rester prudent quant à cette association car de nombreux autres facteurs sont à prendre en compte³⁶.

Enfin, un lien entre maladie de Parkinson et herbicides est souvent évoqué et a fait l'objet de nombreux travaux épidémiologiques. Cependant, les résultats de ces études ne sont pas toujours concordants³⁶.

En conclusion, l'exposition chronique aux pesticides que ce soit pour les populations agricoles ou, encore plus, pour la population en général est difficile à renseigner. Il ressort des différentes études des suspicions convergentes quant à l'effet de ces composés sur la santé humaine. Toutefois, la contribution de chacune des voies d'exposition reste insuffisamment documentée. Actuellement, l'exposition de la population via l'alimentation est généralement considérée comme prépondérante alors que l'exposition à travers la voie aérienne semblerait relativement plus faible³⁷.

D'un point de vue réglementaire, les niveaux en pesticides sont normés et contrôlés dans les eaux destinées à l'alimentation en eau potable (directives européennes 98/83/CE et 75/440/CEE) et dans les denrées alimentaires (directives européennes 76/895/CEE, 86/362/CEE, 86/363/CEE et 90/642/CEE et le règlement européen 396/2005)³⁸. Actuellement, les concentrations en pesticides dans l'air ambiant ne sont pas réglementées.

II.3 Passage des pesticides dans l'atmosphère

Les pesticides sont, dans la plupart des cas, appliqués sous la forme de solutions dans l'eau pulvérisées sur le sol et/ou sur les cultures. Ils peuvent aussi être incorporés à la terre sous forme de granulés ou de graines enrobées.

Généralement, le traitement d'une zone cible s'effectue par l'application d'une « bouillie », à savoir le mélange dans l'eau d'un produit phytosanitaire destiné à être appliqué par pulvérisation, arrosage ou trempage. Cette bouillie peut contenir plusieurs produits et des adjuvants.

La Figure 2 décrit la diffusion dans l'environnement de cette bouillie (eaux, sol, atmosphère) et les différents paramètres et constantes physico-chimiques influant sur cette diffusion.

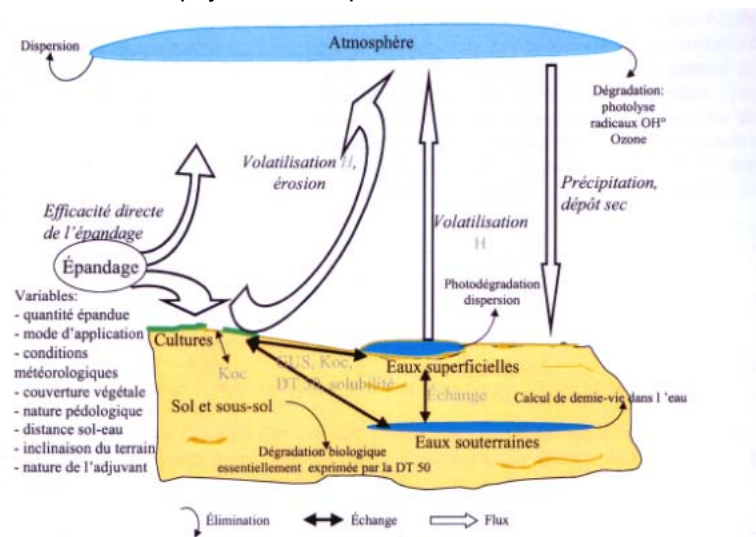


Figure I.C.1 : Dispersion des pesticides dans l'environnement

Figure 2 : Dispersion des pesticides dans l'environnement (Schéma reproduit avec l'aimable autorisation de Lig'Air³⁹)

³⁵ Multigner L., « Effets retardés des pesticides sur la santé humaine », Environnement, Risques et Santé 2005 ; 3 :187-194.

³⁶ ORS Bretagne « Effets chroniques des pesticides sur la santé : Etat actuel des connaissances » janvier 2001

³⁷ ORS Nord Pas de Calais, "Exposition de la population aux pesticides dans la région Nord Pas de Calais : apports du programme PHYTO AIR, décembre 2005, Hélène PROUVOST, Christophe DECLERCQ

³⁸ Observatoire des Résidus de Pesticides, sites administrés par l'AFSSET

³⁹ Lig'Air, Les pesticides en milieu atmosphérique : étude en région Centre, 2000-2001

Les pesticides peuvent se retrouver dans l'atmosphère soit par dérive lors de l'application du produit, soit par volatilisation post-application, soit par érosion éolienne. **Il n'existe actuellement aucune réglementation sur la présence des pesticides dans l'air ambiant** au niveau national et européen. Cependant, les études engagées sur ce sujet montrent que la dispersion et le transport dans l'atmosphère des pesticides aboutissent à des concentrations dans l'air de quelques dizaines de nanogrammes par mètre cube aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain⁴⁰.

Une fois dans l'atmosphère, ils peuvent alors être transportés par les masses d'air à plus ou moins grande distance suivant la stabilité des produits et les conditions météorologiques. Pour illustration, de nombreux composés organochlorés comme le DDT, qui sont considérés comme très stables et ne sont plus utilisés en France, ont été retrouvés en Antarctique⁴¹. Les voies d'élimination des pesticides dans l'atmosphère sont encore mal renseignées. Ils peuvent être déposés au sol (dépôt secs), entraînés par les précipitations (dépôts humides) ou dégradés par photo-chimie⁴².

Concernant les modalités de passage des pesticides vers l'atmosphère, elles font l'objet d'études plus nombreuses que les voies d'élimination dans l'atmosphère. On peut distinguer trois phénomènes de diffusion :

- la dérive lors du traitement,
- la volatilisation post-application,
- l'érosion.

II.3.1 La dérive

Le transfert des pesticides dans l'atmosphère peut se faire dès l'épandage et cela lors du phénomène de **dérive**. Les gouttelettes de pesticides émises par les pulvérisateurs sont soumises au vent et subissent aussi des changements de taille par fragmentation et évaporation. La granulométrie des gouttelettes de pesticides lors de la pulvérisation jouent alors un rôle important dans la dérive. Des gouttelettes de petites tailles permettent un traitement plus uniforme de la « cible » mais elles seront plus facilement soumises à la dérive. A l'inverse des gouttelettes de tailles importantes resteront peu en suspension dans l'air et pourront atteindre en plus grande proportion la zone ciblée. Les tailles minimales et maximales des gouttelettes lors de la pulvérisation varient de quelques μm à $600 \mu\text{m}$ ⁴³. Notons que la dérive est définie et quantifiée de deux manières différentes suivant les auteurs, soit comme la différence entre la quantité sortant des buses des pulvérisateurs et celle atteignant la cible, soit comme les quantités déposées à proximité des parcelles⁴⁴. Les pertes par « dérive » semblent extrêmement variables selon la taille des gouttes pulvérisées, les conditions météorologiques (vent, température, humidité...) et le type de pulvérisation (inférieures à 30% pour une rampe de pulvérisation et jusqu'à 50% pour un épandage aérien)⁴⁵.

⁴⁰ « Contamination de l'air par les pesticides : nouvelle composante de la pollution de l'air. Bilan des mesures réalisées par les AASQA Lig'Air, Air Pays de Loire, Atmo Auvergne, Air Breizh, Atmo Champagne Ardenne, Atmo Poitou Charentes, Oramip », Revue officielle de la Fédération Nationale des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air - Année 2006.

⁴¹ T. Bidleman, M D Walla, R. Roura, E Carr, S. Schmidt, « Organochlorine pesticides in the atmosphere of the Southern Ocean and Antarctica ». Marine pollution Bulletin 26,258-262, 1993

⁴² Atkinson and al. "Transformation of pesticides in the atmosphere : a state of art, Water, Air, Soil Pollution 115: 219-143, 1999"

⁴³ Thèse d'Arthur Da Silva « Modélisation numérique des dépôts de produits phytosanitaires » octobre 2003 – Université de Montpellier II

⁴⁴ INRA et CEMAGREF « Pesticides , agriculture et environnement – Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » Expertise scientifique collective, Décembre 2005

⁴⁵ D'après Inra, « Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement », Hayo M.G van der Werf, Le Courier de l'Environnement n°31, août 1997.

II.3.2 La volatilisation post application

La **volatilisation post-application** peut avoir lieu à partir du sol ou à partir de la plante. La volatilisation à partir de la surface foliaire semble plus importante et plus rapide qu'à partir du sol. Les pertes par ce processus peuvent atteindre jusqu'à 90% de la dose appliquée pour les composés les plus volatils, comme la trifluraline, dans des conditions extrêmement défavorables⁴⁶. La volatilisation post-application peut ainsi représenter une voie de transfert vers l'atmosphère importante. Elle peut durer de quelques jours à quelques semaines (voire plus) en suivant des cycles parfois diurnes⁴⁷. Le phénomène de volatilisation post-application dépend de nombreux facteurs tels que les propriétés physico-chimiques de la substance répandue, les conditions météorologiques, la structure et les propriétés du sol, le contenu en eau du sol, son taux de couverture végétale ou encore le mode d'application du composé.

Le potentiel de volatilisation d'un composé chimique peut être donné par la constante de Henry (H). Elle représente à l'équilibre, le rapport entre la fraction molaire du produit présent à l'état liquide et la fraction à l'état gazeux. Plus la constante de Henry est élevée, plus le produit est volatil.

L'incorporation des pesticides au sol réduit beaucoup la volatilisation, elle est par exemple conseillée pour la trifluraline⁴⁸. Cependant, un produit présentant une constante de Henry faible mais une durée de vie dans le sol importante peut aussi subir des phénomènes de post-volatilisation considérable. Notons que le sol constitue un lieu de stockage de substances actives. Pour illustration dans le domaine de la pollution des eaux, le chlordécone utilisé de 1972 à 1993 dans la culture de la banane en Guadeloupe et Martinique reste stocké dans le sol et pollue encore actuellement les eaux⁴⁴.

II.3.3 L'érosion éolienne

L'érosion éolienne est un autre phénomène de transfert des pesticides dans le compartiment atmosphérique. Compte tenu de leurs propriétés physico-chimiques, certains pesticides peuvent être retenus par les constituants minéraux et organiques du sol. Les particules de sol arrachées par le vent vont donc diffuser des pesticides vers l'atmosphère. Cette érosion éolienne est surtout sensible dans les régions ventées et sur les grandes plaines dégagées et concernent les cultures à faibles couvertures végétales et celles qui laissent le sol à nu durant de longues périodes. L'érosion éolienne peut être considérée, suivant les auteurs, comme une voie de passage des pesticides vers l'atmosphère significative ou non⁴⁹.

⁴⁶ INERIS, DRC/MECO-CGR-143/2005-AGo, « Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation », Synthèse du comité de pilotage. Décembre 2005 reprenant une publication de Majewski et Capel de 1995

⁴⁷ Carole Bedos, Pierre Cellier et al « Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants : overview » *Agronomie* 22 (2002) 21-33 INRA, EDP sciences, 2002

⁴⁸ Index Phytosanitaire ACTA 2005.

⁴⁹ INRA et CEMAGREF « Pesticides , agriculture et environnement – Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » Expertise scientifique collective, Décembre 2005

III MISE EN ŒUVRE DE LA CAMPAGNE DE MESURE

III.1 Localisation des sites de mesure

L'objectif de l'étude est d'évaluer les concentrations en pesticides dans l'air ambiant francilien. L'Île-de-France est marquée par une population importante, avec des zones très denses. La région possède aussi un profil agricole avec 48% de la superficie destinée à cette activité. Par conséquent, les sites instrumentés dans le cadre de cette étude sont marqués par des typologies contrastées quant à l'utilisation des produits phytosanitaires et à la densité de population voisine.

L'utilisation générale des pesticides au voisinage des différents sites est indirectement approchée de manière très qualitative à partir du type de cultures voisines du site, du degré d'urbanisation et de la présence d'espace verts.

La Figure 3 illustre l'environnement des cinq sites de mesure et la situation de ces derniers en Ile-de-France. Les cinq sites de mesure sont les suivants :

- **Bois-Herpin (91)** en Beauce : site en zone rurale entouré de cultures céréalières

La commune de Bois-Herpin est située au Sud de l'Essonne à 55 km du centre de Paris, sur le plateau de Beauce. La densité de population communale, calculée à partir de l'enquête annuelle de recensement 2004⁵⁰ est de 18 habitants au km². Le site de mesure est implanté à la station permanente d'AIRPARIF au lieu dit « le Saut du Loup ». Sur la commune de Bois-Herpin, l'espace rural représente, d'après l'IAURIF, 98% du territoire. Cette occupation de l'espace est identique sur les 6 communes limitrophes à Bois-Herpin, avec une part de l'espace rural variant de 97% à 99%⁵¹. Le profil agricole de la Beauce se caractérise par de grandes exploitations (« openfield ») céréalières pratiquant en grande majorité la production de blé tendre⁵², favorisées par les limons de qualité et l'absence de relief. Aux cultures céréalières s'ajoutent aussi la production de pommes de terre et de betterave à sucre.

- **Coulommiers (77)** : site en zone urbanisée isolée entourée de cultures céréalières

Le site de mesure de Coulommiers a été implanté à la Bibliothèque municipale en centre ville. La ville de Coulommiers, avec une densité de population⁵³ de 1 267 habitants au km² constitue une unité urbaine isolée (cf. Figure 3) dans la vallée du Grand-Morin sur le plateau de la Brie à 55km à l'Est de Paris. Les cultures présentes en Brie sont majoritairement le blé, le maïs et la betterave à sucre. Notons aussi dans cette partie de la Brie, située entre la Marne et le Grand-Morin, une production fromagère importante. L'espace rural occupe 52% de la superficie de Coulommiers et se détache des communes limitrophes possédant une proportion d'espace rural plus importante variant de 78% (Boissy-le-Chatel) à 96% (Aulnoy)⁵¹.

- **Chelles (77)** : site en limite d'agglomération parisienne et des zones de culture

La commune de Chelles est située dans l'agglomération parisienne en zone périurbaine à une vingtaine de kilomètres à l'Est de Paris. La densité de population⁵⁴ est de 2 970 habitants au km² et l'espace rural représente 26% de la superficie communale⁵¹. Le site de mesure est installé à l'école maternelle Chantereine, rue Henrion dans le quartier Chantereine à l'Est de la ville. Ce secteur de l'agglomération peut marquer la limite entre les zones à caractère urbain et celles plus rurales pouvant être destinées à l'agriculture, comme en témoigne la Figure 3. Toujours pour illustration, l'espace rural sur les deux communes limitrophes à l'Est de Chelles, à savoir Brou-sur-Chantereine et Le Pin, est respectivement de 75 % et 85%⁵¹. Alors que les communes à l'Ouest de Chelles (Montfermeil, Gagny

⁵⁰ Calculé à partir des données INSEE : « Bois Herpin – Chiffres Clés – Enquête annuelle de recensement 2004 »

⁵¹ Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France, « Fiche Communale, Mode d'occupation du sol (1999) » consultable sur <http://www.iaurif.org/fr>

⁵² D'après Agreste – la statistique agricole « Mémento Ile de France - Résultats 2005 et années antérieures », DRAF et DDAF, 2006. La surface occupée par le blé tendre représente 70% de la surface dédiée à la culture des céréales en Essonne.

⁵³ Données INSEE, recensement 1999.

⁵⁴ Calculée à partir des données INSEE : « Chelles – Chiffres Clés – Enquête annuelle de recensement 2004 et de 2005 »

et Gournay-sur-Marne) se caractérisent par une faible occupation à caractère rural du territoire, de l'ordre de 10%⁵¹.

- **Gennevilliers (92)** : un site en zone urbanisée dense

Le site de mesure des pesticides à Gennevilliers est installé à la station permanente d'AIRPARIF, rue Richelieu sur le toit d'un collège. La commune de Gennevilliers est située à environ 5 km au Nord-Ouest de Paris. Cette commune de la petite couronne, appartenant à l'agglomération parisienne, présente une densité de population de 3 650 habitants au km², d'après les données du recensement de 1999. L'espace urbain représente 91% de la superficie de la commune de Gennevilliers. Les communes limitrophes se caractérisent aussi par une proportion d'urbanisation proche avec un espace urbain variant de 88% (Argenteuil) à 96% (Colombes). Seule la commune de l'Île-Saint-Denis à faible superficie se détache avec un espace urbain représentant 58%⁵¹.

- **Paris – Jardin des Halles** : site en zone urbanisée dense au voisinage d'espaces verts

Le site de mesure est installé à la station permanente AIRPARIF dans le Jardin des Halles, allée Jules Supervielle. L'emplacement est situé au cœur de l'agglomération parisienne, caractérisé par un tissu urbain dense. L'espace urbain occupe 91% de la superficie du 1^{er} arrondissement, l'analyse cartographique des données de l'IAURIF montre que les 9% restant qualifiés d'espace rural sont occupés par la Seine. Les arrondissements limitrophes du 1^{er} arrondissement possèdent un taux d'urbanisation similaire variant de 86% (Paris 4^{ème} avec les 14% restant correspondant à la Seine) et 100% (Paris 3^{ème}). La densité de population est de 9 330 habitants/km², d'après le recensement 1999. Le centre de Paris est aussi caractérisé par une proportion d'espaces verts assez importante (Jardins des Halles, des Tuileries et du Luxembourg...). Ces espaces sont répertoriés par l'IAURIF, dans la catégorie espace urbain non-construit représentant 21% pour le 1^{er} arrondissement, avec une proportion moyenne de 9 % sur les arrondissements limitrophes.

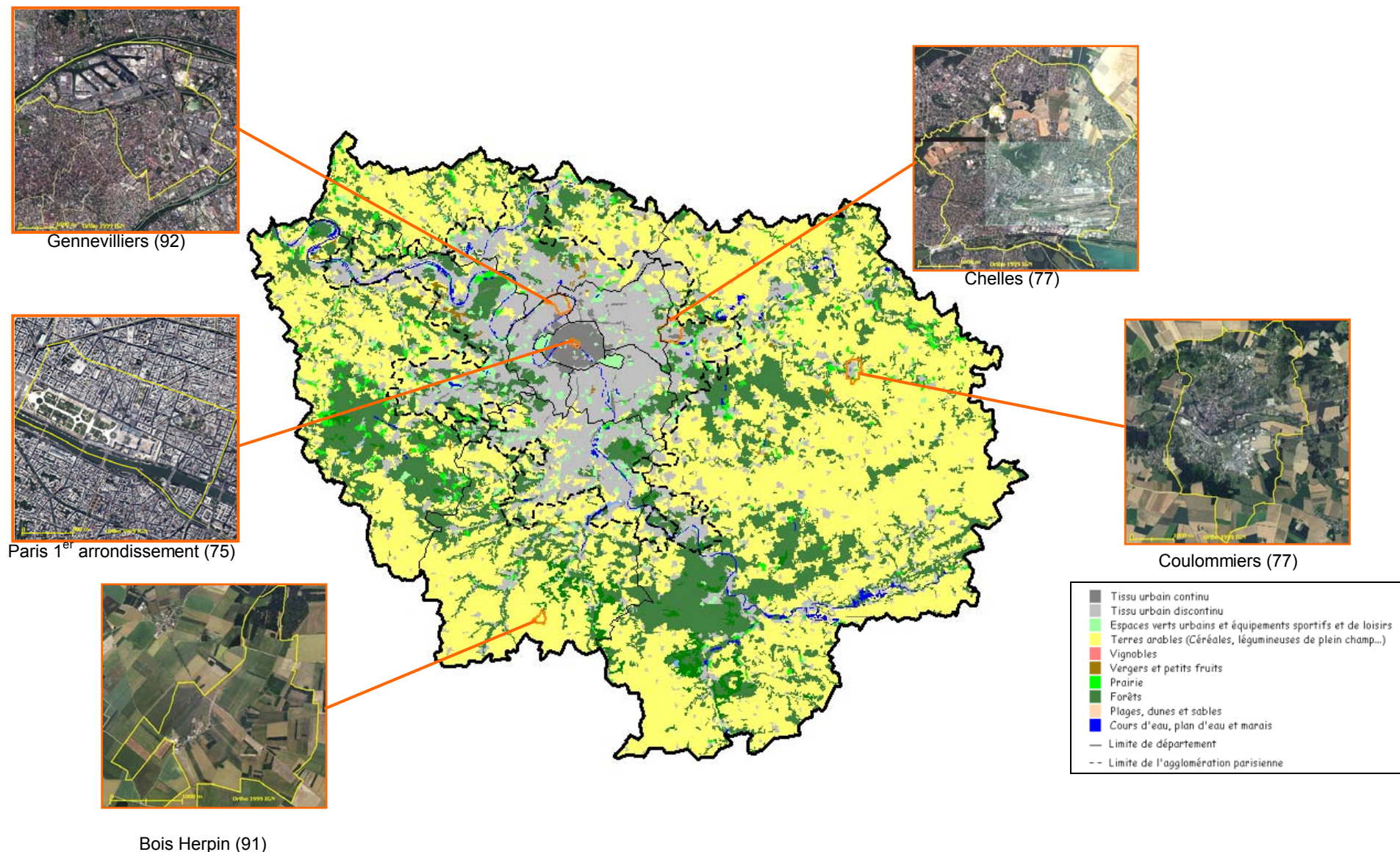


Figure 3 : Occupation du territoire francilien (carte AIRPARIF réalisée à partir des données Corine Land Cover 2000, source IFEN) et communes d'implantation des sites de mesure des pesticides dans l'air ambiant (source IGN et IAURIF).

III.2 Période de mesure

La campagne de mesure s'est déroulée durant le printemps 2006, du 14 mars au 20 juin. Cette période de l'année correspond à une période d'application intensive de pesticides. Les principales applications d'herbicides sur les grandes cultures se déroulent globalement durant les mois de mars à mai avec une « pointe » en avril⁵⁵. Pour rappel, les grandes cultures représentent 87% de la surface agricole utile francilienne. Toujours sur ce type de cultures, les traitements insecticides se font principalement en mai et juin, tout comme l'application de fongicides qui peut se prolonger durant l'été. Notons aussi que pour les herbicides des applications ont lieu à l'automne (août, septembre, octobre) et en février ainsi que pour les insecticides en octobre et en décembre⁵⁵. Concernant les traitements en zone non agricole (collectivités, SNCF et particuliers...), ils se déroulent généralement en parallèle à ceux réalisés par les agriculteurs, à savoir globalement entre mars et juin avec un pic pendant le mois d'avril. Les applications des particuliers seraient toutefois légèrement décalées et un traitement d'appoint pourrait avoir lieu en juin/juillet⁵⁵. La période de mesure ciblée permet donc d'approcher une période de l'année pour laquelle l'utilisation de pesticides est très importante.

III.3 Dispositif de mesure

Les pesticides dans l'air ambiant sont mesurés en réalisant des prélèvements d'air, puis une analyse en laboratoire de ces prélèvements. Un échantillonneur (Partisol Plus de Rupprecht & Patashnick) aspire l'air ambiant à un débit connu et maîtrisé, l'air aspiré passe par un filtre en quartz, piégeant les particules, et une mousse en polyuréthane qui retient les composés à l'état gazeux. Le prélèvement d'environ 168 heures est assuré avec un débit de 1m³/h. Aucune coupure granulométrique n'est réalisée lors de l'aspiration des particules. La Figure 4 présente le type d'échantillonneur mis en place sur les cinq sites de mesure. Le Partisol Plus a été modifié pour pouvoir accueillir une mousse en polyuréthane.



Figure 4 : Dispositif de prélèvement « Partisol Plus » utilisé sur les cinq sites de mesure de la campagne.

Les supports de piégeage (filtre et mousse de polyuréthane) sont acheminés au laboratoire d'analyse⁵⁶ dès la journée suivant la fin du prélèvement. L'ensemble des supports d'échantillonnage est conservé avant et après le prélèvement en congélateur fixe ou portatif. Au laboratoire d'analyse, les supports de prélèvement subissent une extraction commune (filtre et mousse en polyuréthane réunis), puis une purification et enfin une analyse par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse. L'analyse permet de déterminer la quantité de matière piégée sur les supports pour chaque pesticide, celle-ci est ramenée au volume d'air précis aspiré pour déterminer les

⁵⁵ Phyt'eaux propres, La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région Ile-de-France – Bilan d'activité 1997 - 2001

⁵⁶ Les analyses et la préparation des supports de piégeage sont réalisées par Micropolluant Technologie SA sis 5, impasse des Anciens Hauts Fourneaux ZI Gassion 57 100 Thionville.

concentrations en pesticides dans l'air ambiant. En utilisant ce mode de mesure, des concentrations moyennes hebdomadaires sont obtenues pour chacun des pesticides recherchés.

Ces mesures sont réalisées selon les projets de normes AFNOR X43-058 pour le prélèvement et X43-059 pour l'analyse. Ces protocoles d'analyse et de prélèvement sont inspirés des méthodes EPA et découlent des différents travaux menés dans les dernières années en France^{57,58,59}.

III.4 Les pesticides recherchés dans le cadre de l'étude

La mesure des pesticides dans l'air ambiant s'est développée en France depuis 2000-2001. Des modes de sélection et de hiérarchisation ont été élaborés devant le nombre important de substances actives utilisées en France. Les critères pris en compte reflètent généralement la capacité du produit à se retrouver dans le compartiment atmosphérique, sa toxicité, son tonnage et les cultures présentes dans la zone d'étude.... Pour illustration, on peut citer les travaux de sélection provenant de l'INERIS⁶⁰, de Lig'Air⁶¹ et de Air Pays de la Loire⁶².

L'existence de ces modes de sélection a permis notamment le développement des protocoles analytiques permettant la quantification des pesticides dans l'air. Ainsi, le nombre de substances pouvant être recherchées par un laboratoire d'analyse a augmenté ces dernières années arrivant à une capacité de recherche importante.

Dans le cadre présent d'une étude exploratoire et devant l'absence de données régionales quant à l'utilisation et au tonnage des pesticides, il a été décidé de s'appuyer sur le savoir-faire analytique et de rechercher l'ensemble des produits possibles sans développer un nouveau protocole. Par conséquent, les analyses ont été confiées à Micropolluant Technologie SA⁶³, laboratoire offrant une large gamme de recherche de pesticides et ayant une expérience importante dans ce domaine. Ainsi, 80 pesticides et 5 métabolites ont été recherchés au cours des analyses. Il s'agit de 23 herbicides, 31 insecticides, 23 fongicides, 2 acaricides et 1 némantocide. Parmi, les pesticides 14 composés sont retirés à la vente et interdits d'utilisation (en considérant les isomères). Le Tableau 2 présente la liste des pesticides recherchés pour cette campagne de mesure.

⁵⁷ Lig'Air, Les pesticides en milieu atmosphérique : étude en région Centre, 2000-2001

⁵⁸ Fabrice Marlière, Mesure des pesticides dans l'atmosphère, Laboratoire Central de la Qualité de l'air INERIS, Décembre 2000

⁵⁹ Atmo Poitou-Charentes, Mesures des Pesticides dans l'air en Poitou-Charentes – Novembre 2002

⁶⁰ INERIS, DRC/MECO-CGR-143/2005-AGo, Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation, Synthèse du comité de pilotage. Décembre 2005

⁶¹ Lig'Air, Les pesticides en milieu atmosphérique : Etude en région Centre 2000-2001

⁶² Air Pays de la Loire, Premières mesures exploratoires de produits phytosanitaires dans l'atmosphère des Pays de la Loire – Résultats des campagnes 2002.

⁶³ Micropolluant Technologie SA sis 5, impasse des Anciens Hauts Fourneaux ZI Gassion 57 100 Thionville

Composés	Fonction	Retrait	Composés	Fonction	Retrait
2,4' DDD	Métabolite DDT	(x)	Ethoprophos	Némantocide	
2,4' DDE	Métabolite DDT	(x)	Ethyl parathion	Insecticide	X
2,4' DDT + 4,4' DDD	Insecticides	X	Fenoxaprop-ethyle	Herbicide	
4,4' DDE	Métabolite DDT	(x)	Fenpropidine	Fongicide	
4,4' DDT	Insecticide	X	Fenpropimorphe	Fongicide	
A - HCH	Insecticide	X	Fluazinam	Fongicide	
Acetochlor	Herbicide		Fludioxonil	Fongicide	
Aclonifen	Herbicide		Flusilazole	Fongicide	
A-endosulfan	Insecticide		Folpel	Fongicide	
Alachlore	Herbicide		G - HCH (lindane)	Insecticide	X
Atrazine	Herbicide	X	Hexaconazole	Fongicide	
Azoxystrobine	Fongicide		Kresoxim-methyl	Fongicide	
B - HCH	Insecticide	X	Lambda-cyhalotrine	Insecticide	
Captane	Fongicide		Lenacil	Herbicide	
Carbaryl	Insecticide		Malathion	Insecticide	
Carbofuran	Insecticide		Methidathion	Insecticide	
Chlorothalonil	Fongicide		Mehtyl parathion	Insecticide	X
Chlorpyrifos ethyl	Insecticide		Metazachlore	Herbicide	
Cyfluthrine I	Insecticide		Methomyl	Insecticide	
Cyfluthrine II	Insecticide		Metolachlore	Herbicide	X
Cyfluthrine III	Insecticide		Norflurazon	Herbicide	X
Cymoxanil	Fongicide		Oryzalin	Herbicide	
Cypermethrine I	Insecticide		Oxadiazon	Herbicide	
Cypermethrine II	Insecticide		Oxydemethon-s-methyl	Insecticide	
Cypermethrine III+IV	Insecticide		Oxyfluorfen	Herbicide	
Cyproconazole	Fongicide		Pendimethaline	Herbicide	
Cyprodinil	Fongicide		Phosmet	Insecticide	
D - HCH	Insecticide	X	Phoxim	Insecticide	
Deltamethrine	Insecticide		Propachlor	Herbicide	
Desethylatrazine	Métabolite atrazine	(x)	Propargite	Acaricide	
Desisopropylatrazine	Métabolite atrazine	(x)	Propyzamide	Herbicide	
Diazinon	Insecticide		Simazine	Herbicide	X
Dichlobenil	Herbicide		Spiroxamine	Fongicide	
Dichlorvos	Insecticide		Tau-fluvalinate I	Insecticide	
Dicofol	Acaricide		Tau-fluvalinate II	Insecticide	
Diflufenicanil	Herbicide		Tebuconazole	Fongicide	
Dimethenamide	Herbicide		Tébutame	Herbicide	X
Dimethomorph I	Fongicide		Terbuthylazine	Herbicide	X
Dimetomorph II	Fongicide		Tetraconazole	Fongicide	
Dinocap	Fongicide		Tolyfluanid	Fongicide	
Epoxiconazole	Fongicide		Trifluraline	Herbicide	
Esfenvalerate	Insecticide		Vinclozolin	Fongicide	
Ethofumesate	Herbicide				

Tableau 2 : Liste des pesticides recherchés lors de la campagne de mesure.

X : signifie que le composé est interdit d'utilisation en tant que produit phytosanitaire
(x) indique qu'il s'agit d'un métabolite associé à un composé interdit d'utilisation en tant que produit phytosanitaire

Les produits interdits d'utilisation sont soit des composés jugés très persistants comme les organochlorés (DDT interdit depuis 1972 et lindane interdit depuis 1998) soit des composés responsables d'une forte contamination des eaux. C'est le cas des produits issus de la famille des triazines, comme l'atrazine interdit d'utilisation depuis 2003⁶⁴.

La liste des pesticides recherchés dans le cadre de l'étude est en lien avec le profil agricole francilien. En effet, un nombre important de pesticides (22) est destiné aux traitements des céréales, dont 11 sont employés pour le blé. Les autres cultures présentes en Ile-de-France sont aussi représentées, puisque 18 produits recherchés sont utilisés sur la culture du pois, 18 aussi pour le maraîchage et 16 sont destinés au traitement des oléagineux⁶⁵. Pour information, un produit phytosanitaire peut être utilisé sur plusieurs types de cultures.

La réalisation d'une nouvelle étude sur la détermination des concentrations en pesticides dans l'air ambiant francilien, pourrait s'appuyer sur les résultats de cette étude exploratoire et permettre de mieux cibler la liste des pesticides à rechercher de nouveau. Enfin, cette liste pourrait aussi être complétée pour des problématiques spécifiques, telle que l'étude d'une pratique agricole ou d'une « cible » particulière (employés agricoles, abeilles...).

III.5 Qualité de la mesure

La méthodologie de mesure des pesticides dans l'air ambiant s'est développée récemment et reste perfectible. Pour le moment, il n'existe pas de calcul d'incertitude portant sur l'ensemble de la chaîne de mesure et sur tous les composés recherchés. Cependant, différents éléments permettent d'approcher la qualité de la mesure à chaque étape de cette méthodologie qui concerne la mesure d'un nombre important de pesticides.

Ainsi, afin de s'assurer du bon déroulement des étapes de prélèvement, d'extraction et d'analyse, des marqueurs ou des étalons internes sont introduits à chacune des étapes de la chaîne de mesure. L'introduction de ces substances et leurs quantifications à la fin de la chaîne analytique permettent d'indiquer si d'éventuelles pertes ont eu lieu, de calculer les rendements d'extraction et d'assurer une meilleure quantification des composés lors de l'analyse.

Des blancs de terrain (5) sont réalisés lors de la campagne. Ils permettent d'identifier toute forme de contamination éventuelle qui serait présente le long de la chaîne de mesure. Tous les niveaux en pesticides sur les cinq blancs de terrain sont inférieurs à la limite de détection, variant de 0.05 ng/m³ à 6 ng/m³ suivant les composés, c'est-à-dire qu'aucune trace de pesticides n'a été détectée sur les blancs de terrain. Les limites de détection et de quantification sont présentés en Annexe 1.

Les supports de piégeage sont marqués avant prélèvement à l'atrazine deutérée⁶⁶. A la fin de la chaîne de mesure, ce composé est quantifié. La quantité d'atrazine deutérée qui reste à la fin de la chaîne de mesure comparée à la quantité initialement déposée permet d'estimer les pertes pouvant se produire lors des prélèvements. Cette comparaison renseigne uniquement ces pertes pour des composés proches de l'atrazine d'un point de vue physico-chimique (volatilité,...).

Sur les 70 prélèvements réalisés, deux prélèvements ont présenté des pourcentages de recouvrement de prélèvement (rendement en atrazine deutérée) très faible : 3% et 22%. Ces deux prélèvements n'ont pas été exploités. Pour les autres prélèvements (68), les recouvrements de prélèvements varient de 81 à 117% avec une moyenne de 103%, ce qui signifie une absence de perte lors des prélèvements. Le recouvrement de prélèvement peut être supérieur à 100% en raison des incertitudes analytiques.

L'efficacité du prélèvement peut aussi être estimée à travers des tests de perçage. Ceux-ci consistent à déposer une quantité connue de pesticides sur une mousse en polyuréthane en disposant exceptionnellement un second support à la suite du premier. Ces supports subissent ensuite une aspiration d'air « propre ». Si une quantité de pesticides non négligeable est retrouvée sur le second support, cela montre que le prélèvement habituellement réalisé avec une seule mousse en

⁶⁴ Communiqué de presse du Ministre de l'agriculture et de la Pêche du 18 septembre 2001

⁶⁵ A partir des informations issues de l'index phytosanitaire ACTA 2005

⁶⁶ composé spécial complètement similaire à l'atrazine mais qui est utilisé uniquement à des fins analytiques et non phytosanitaires

polyuréthane n'est pas complètement efficace et qu'une quantité inconnue de pesticides est perdue. Ces tests ont été réalisés par l'INERIS pour 27 substances actives, dont la trifluraline, le chlorothalonil, le fenpropimorphe⁶⁷.... Il en ressort que la méthodologie de prélèvement utilisée (filtre en quartz plus mousse en polyuréthane avec utilisation d'un Partisol sur une semaine à 1 m³/h) est globalement bien adaptée à la mesure des pesticides dans l'air ambiant. Cependant, des pertes pour des composés très volatils, notamment pour la trifluraline et le lindane, peuvent être observées. Ainsi, les concentrations en trifluraline et en lindane risquent d'être sous-estimées tout comme, dans une moindre mesure, celles en chlorothalonil.

⁶⁷ LCSQA – INERIS Pesticides dans l'air ambiant : Bilan de la méthodologie de Prélèvement - Novembre 2004

IV COMMENTAIRES METEOROLOGIQUES

La Figure 5 présente les paramètres météorologiques pour la période de mesure du 14 mars au 20 juin de l'année 2006 et la même période des années 2001, 2002, 2003, 2004 et 2005. Il s'agit des températures minimales, moyennes et maximales en °C, de la durée d'insolation totale, du taux moyen d'humidité relative en % et enfin de la quantité de précipitation totale en mm. Ces paramètres ont été relevés à la station Météo France de Paris-Montsouris dans le XIV^{ème} arrondissement. L'évolution journalière de ces paramètres au cours de la période allant du 14 mars au 20 juin 2006 est présentée en Annexe 2.

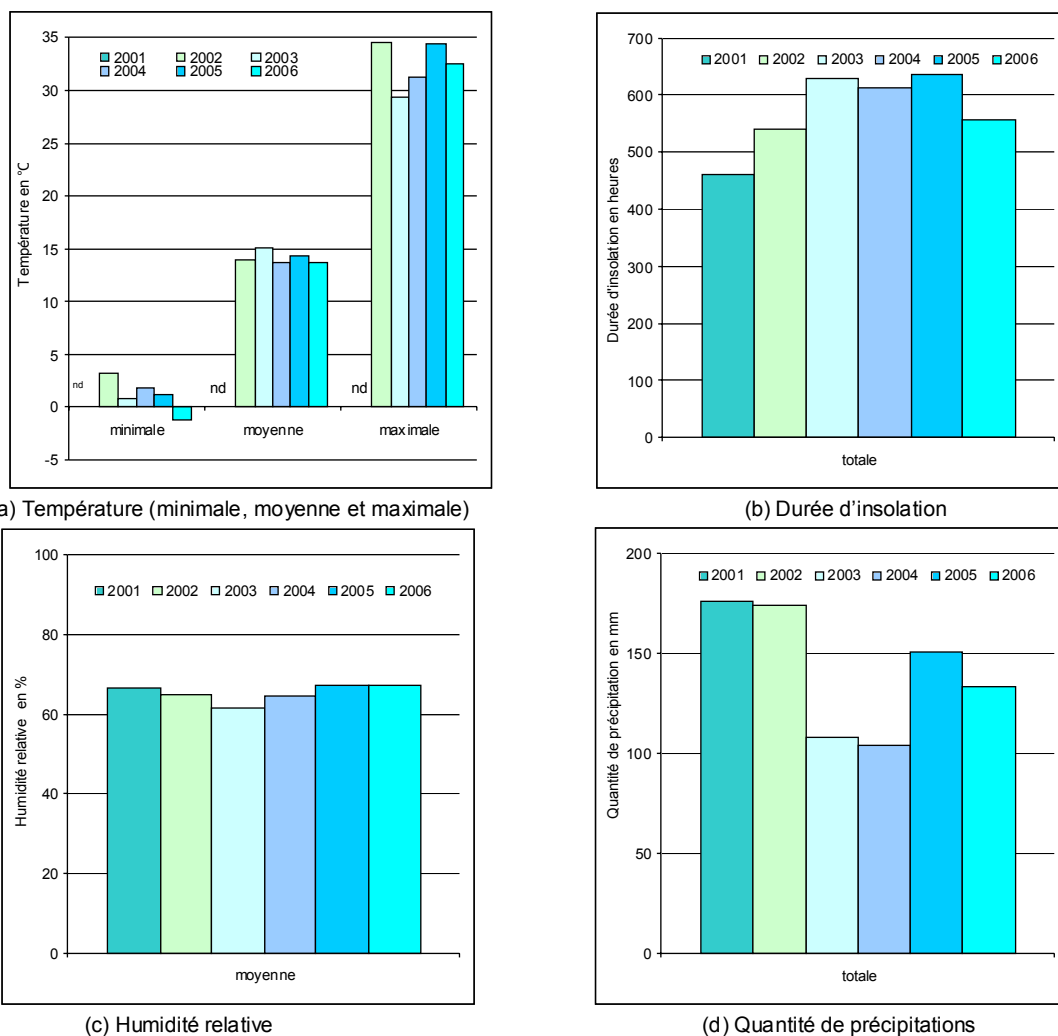
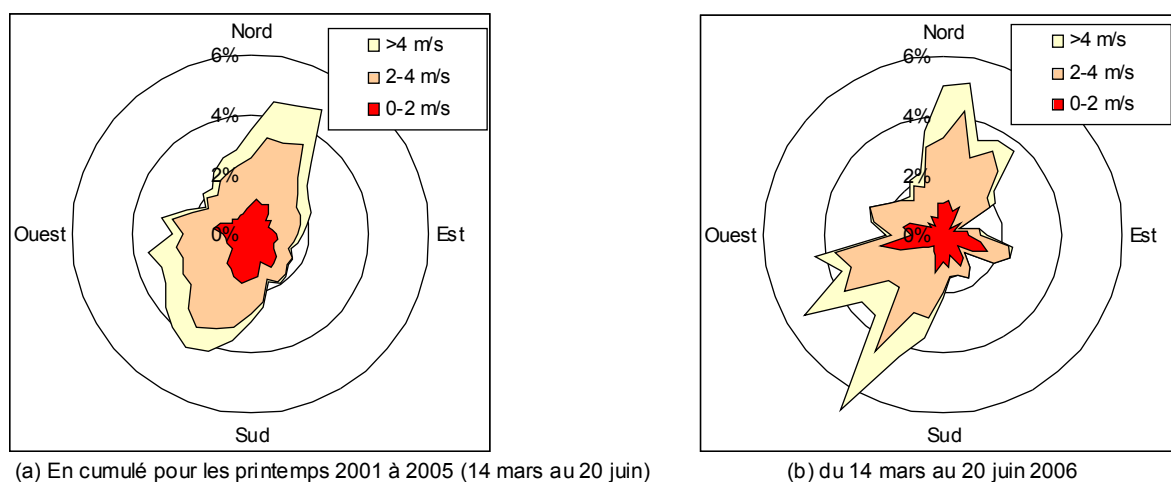


Figure 5 : Températures, durée d'insolation, humidité relative moyenne, et quantité de précipitation durant la période du 14 mars au 20 juin pour les années 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 et 2006 – Données Météo-France

Le printemps 2006 apparaît proche des printemps successifs des années 2001 à 2005. Il se caractérise par une quantité de précipitations et une durée d'insolation médianes par rapport au cinq autres années. Toutefois, l'humidité relative et la température diffèrent légèrement des autres années. Il s'agit avec 2005 du printemps (période du 14 mars au 20 juin) le plus humide en moyenne sur les six dernières années mais pas le plus pluvieux. La température minimale et la température moyenne sont les plus faibles depuis 2002, cela en raison notamment d'un mois de mars particulièrement froid d'après Météo-France⁶⁸. Ensuite, le mois d'avril est légèrement plus doux que la normale, plus ensoleillé et présente un déficit de précipitations⁶⁹. Le mois de mai est aussi légèrement déficitaire en précipitations et marqué par l'alternance de périodes douces et de nets rafraîchissements⁷⁰. Enfin, juin se caractérise par un temps chaud, sec et plus ensoleillé que la normale⁷¹. La normale est définie d'après Météo France sur les dix, vingt ou trente dernières années suivant les paramètres considérés.

La Figure 6 présente la distribution des vents en fonction de trois classes de vitesse toujours pour la période de mesure ainsi que la distribution cumulée obtenue sur la même période pour les années de 2001 à 2005.



La répartition suivant les secteurs de vent est très proche entre le printemps 2006 et les observations de 2001 à 2005. Les vents provenant du Sud-Ouest sont majoritaires (37% pour le printemps 2006 et 33% pour les autres années). La légère différence de répartition se trouve sur les vents de Nord-Est qui présentent une proportion proche mais légèrement déficitaire pour le printemps 2006 (27% et 29%). Enfin, les secteurs Nord-Ouest et Sud-Est sont minoritaires avec des fréquences respectives de 21% et 15% en 2006 pour 22% et 16% de 2001 à 2005. Les vitesses de vent sont aussi très semblables entre les deux périodes, les vents faibles avec une vitesse comprise entre 0 et 2 m/s représentent 33% des vents pour le printemps 2006 et 36% pour les autres périodes. Quant aux vents modérés, ils sont légèrement plus fréquents en 2006 avec 50% pour 47%. On note donc des vitesses de vent légèrement plus importantes. La proportion de vent fort est égale pour les deux périodes avec 17%.

Par conséquent, le printemps 2006 (du 14 mars au 20 juin) au niveau météorologique est très proche des printemps observés de 2001 à 2005. Toutefois, des conditions légèrement plus dispersives ont été observées par rapport aux autres années (vitesse de vent légèrement plus élevée) avec aussi une température plus froide, notamment la première semaine de mesure. Notons que l'année 2003 et son printemps présentaient des conditions très peu dispersives.

⁶⁸ Temps du Mois Paris et petite couronne – Mars 2006 – Météo France

⁶⁹ Temps du Mois Paris et petite couronne – Avril 2006 – Météo France

⁷⁰ Temps du Mois Paris et petite couronne – Mai 2006 – Météo France

⁷¹ Temps du Mois Paris et petite couronne – Juin 2006 – Météo France

L'ensemble des paramètres météorologiques joue un rôle important à la fois sur l'utilisation des pesticides et sur leur dispersion dans l'environnement. Pour illustration, la pression parasitaire exercée sur les cultures dépend notamment de la température et du degré d'humidité (développement des maladies avec l'humidité). L'efficacité d'un traitement varie aussi en fonction des conditions d'humidité et de vent, un vent faible et une humidité élevée sont plus favorables aux traitements. Enfin, l'humidité du sol et aussi la température peuvent favoriser des phénomènes de re-volatilisation à partir du sol et de la plante alors que l'ensoleillement accompagné de la température et les précipitations joueront un rôle sur la dégradation des produits phytosanitaires dans l'atmosphère.

Cependant, l'usage des pesticides au cours de l'année et au cours du printemps n'est pas constant en comparaison avec les émissions de polluants atmosphériques primaires plus classiques qui présentent une évolution d'un jour à l'autre moins sensible. L'usage des pesticides est caractérisé par des périodes de fortes utilisations et concerne des produits différents à des moments différents de la saison printanière (cf. paragraphe VI.3). Par conséquent, le facteur qui apparaît gouverner en premier lieu les concentrations en pesticides dans l'air ambiant est l'usage de ces derniers associé aux quantités utilisées et aux propriétés physico-chimiques des produits. Les conditions météorologiques et les propriétés physico-chimiques influenceraient plus l'évolution des niveaux après traitements.

V DES PESTICIDES DANS L'ATMOSPHERE FRANCILIENNE : EN ZONE RURALE COMME EN ZONE URBAINE

V.1 Plus de pesticides retrouvés dans l'air en Beauce (Bois-Herpin) qu'à Paris

Sur les 80 pesticides recherchés lors de la campagne, 30 pesticides ont été retrouvés dans l'air ambiant francilien. Le plus grand nombre de pesticides (29), cf. Figure 7, est retrouvé à Bois-Herpin dans l'Essonne, commune située sur le plateau de la Beauce. Le nombre de pesticides retrouvés sur les autres sites est relativement constant : 23 à Coulommiers, 20 à Chelles, 20 à Gennevilliers et 19 à Paris. Le site de Coulommiers présente un nombre de pesticides dans l'air ambiant un peu plus important que Chelles, Gennevilliers et Paris les Halles. Pour ces sites de l'agglomération parisienne, le nombre de pesticides rencontrés dans l'air ambiant est très proche.

Les pesticides sont présents dans l'air ambiant aussi bien de zones cultivées qu'en milieu urbain, en plein cœur de l'agglomération parisienne. Ce constat peut s'expliquer par le fait que l'utilisation des phytosanitaires en zone non agricole n'est pas négligeable et que les pesticides utilisés en zone cultivée peuvent être soumis au transport atmosphérique. Toutefois, plus l'activité agricole est importante aux environs du site de mesure, plus le nombre de pesticides retrouvés dans l'air ambiant est élevé.

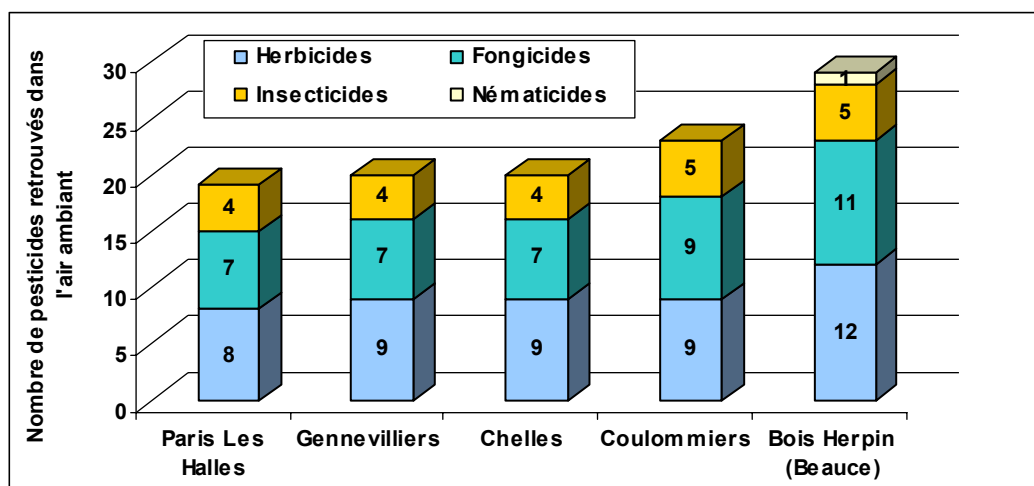


Figure 7 : Nombre de pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien sur les cinq sites de mesure

Durant la campagne de mesure du printemps 2006, ce sont très majoritairement des herbicides et des fongicides qui sont retrouvés dans l'air ambiant francilien. Ils représentent 80% des produits trouvés pour 60% des produits recherchés. La répartition entre fongicides, herbicides et insecticides est proche suivant les sites. Les herbicides représentent de 39 à 45% des composés, les fongicides de 35 à 39% et les insecticides de 17 à 22%.

Certains composés sont retrouvés très fréquemment dans l'air ambiant durant la période printanière. Il s'agit d'herbicides comme la trifluraline et la pendiméthaline rencontrés plus de 90% du temps. Ces herbicides sont employés sur le tournesol, les pois et les féveroles⁷² avec aussi un usage non-agricole pour la pendiméthaline. Quant au chlorothalonil, fongicide utilisé sur les pois, les féveroles, le blé et aussi pour des activités non-agricoles, il est observé sur deux tiers des prélèvements. Notons que ces trois composés sont volatils. Ils possèdent des constantes de Henry élevées, paramètre physico-chimique caractérisant la volatilisation.

⁷² Fève d'une variété à petit grain, utilisée dans l'alimentation du bétail

V.2 Les pesticides retrouvés dans l'air différents de ceux retrouvés dans l'eau.

La contamination dans l'air par les produits phytosanitaires ou pesticides se distingue de celles des eaux superficielles. Ainsi, les composés les plus fréquemment retrouvés dans l'air ambiant (trifluraline, pendiméthaline et chlorothalonil) ne ressortent pas des observations faites dans les eaux superficielles⁷³. En effet, les mesures réalisées par la DIREN en mai 2006 dans les eaux sur 103 points de prélèvement répartis sur l'ensemble du territoire francilien montrent que ces composés ne sont pas rencontrés (trifluraline, chlorothalonil) ou très rarement (pendiméthaliine). Par contre, des composés comme l'atrazine accompagné par ses métabolites (déthylatrazine et deisopropylatrazine) et le diflufénicanil, sont très régulièrement observés dans les eaux superficielles en mai 2006. Alors que ces composés, bien que recherchés, ne sont pas retrouvés au printemps 2006 dans l'air ambiant francilien. Pour rappel, l'atrazine est interdit d'utilisation depuis 2003.

Toutefois, certains composés sont communs entre l'eau et l'air. Il s'agit de produits retrouvés plus occasionnellement dans les deux milieux au printemps 2006 comme le cyprodinil, fongicide utilisé sur le blé ainsi que l'orge, et l'alachlore, herbicide employé sur le maïs. Le cyprodinil est retrouvé environ dans un prélèvement sur deux à la fois dans l'air au printemps 2006 et dans les eaux superficielles en mai 2006⁷³. L'alachlore est observé sur 44% des prélèvements atmosphériques et sur environ un prélèvement sur trois pour les eaux superficielles⁷³. Les fréquences de détection durant la campagne de mesure sont présentés en annexe 3 pour l'ensemble des composés retrouvés dans l'air ambiant.

Pour en savoir plus :

Il est clair que les modes d'application et surtout les propriétés physico-chimiques jouent un rôle très important sur la diffusion des pesticides dans l'environnement. Ainsi des différences de propriétés entre produits peuvent expliquer des constats distincts pour les différents milieux pouvant être contaminés (eaux, air, sols). Parmi les paramètres prépondérants, on peut citer la volatilité (constante de Henry ou pression de vapeur), la solubilité, le coefficient de partage carbone organique-eau (Koc) qui approche la sorption d'un pesticide par rapport au sol et les différentes durées de vie dans l'eau, l'air et le sol.

Nous considérons le produit le plus fréquemment retrouvé dans l'air au printemps 2006 : la trifluraline et celui dans les eaux superficielles : l'atrazine. Pour la trifluraline, la fréquence de détection est proche de 100 % dans l'air et nulle dans l'eau. Pour l'atrazine, cette fréquence de détection est nulle dans l'air et proche de 100% dans l'eau⁷³. Or, la trifluraline possède une constante de Henry bien plus élevée que l'atrazine ($1,7 \cdot 10^1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ pour $2,6 \cdot 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$) et à l'inverse la solubilité de l'atrazine est plus importante que celle de la trifluraline ($3,3 \cdot 10^1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ pour $2,2 \cdot 10^{-1} \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Les valeurs des constantes sont issues de la base de données INERIS datant de juillet 2005 et développée dans le cadre du projet SPH'AIR : détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien – approche par hiérarchisation.

V.3 Un nombre de pesticides dans l'air ambiant qui augmente au milieu du printemps pour stagner vers la fin

Au printemps, les applications de produits phytosanitaires sur les zones cultivées commencent par les traitements herbicides puis insecticides et fongicides. Ces deux derniers peuvent se prolonger jusqu'en été. Comme attendu, cette chronologie des traitements se retrouve aussi dans l'évolution de la présence des pesticides dans l'atmosphère et la répartition entre herbicides, fongicides et insecticides. La Figure 8 présente l'évolution du nombre de pesticides retrouvé dans l'air ambiant francilien, en considérant l'ensemble des sites, durant le printemps 2006.

⁷³ Info Phytos n°5 DIREN Ile-de-France – Services des milieux aquatiques décembre 2006

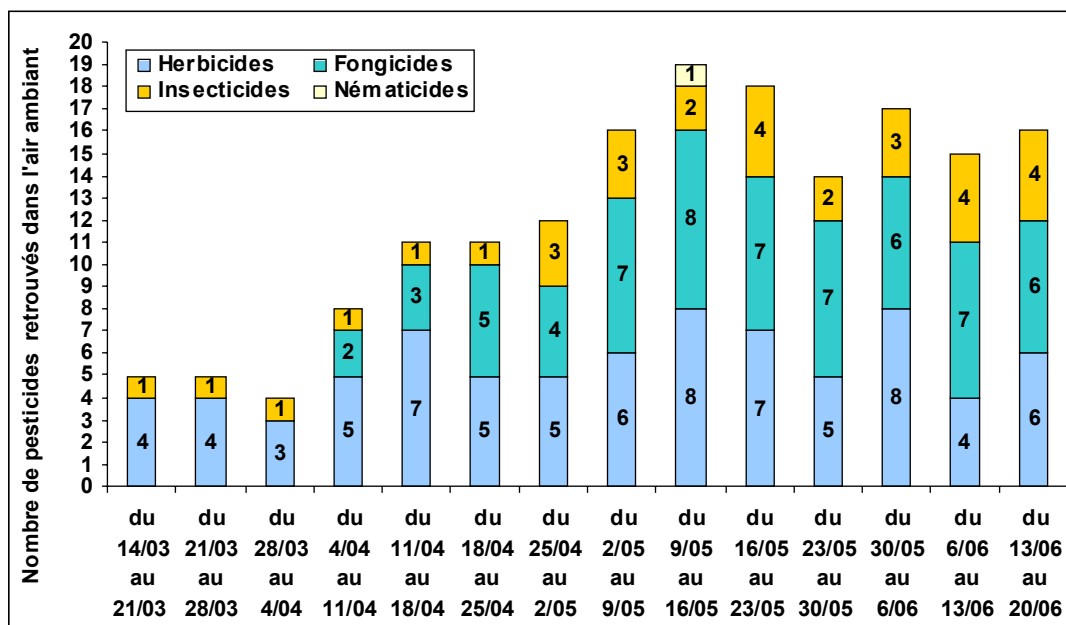


Figure 8 : Evolution du nombre de pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien au cours de la campagne de mesure (de 14 mars au 20 juin 2006) pour les cinq sites confondus.

Lors du mois de mars, le nombre de pesticides est assez faible (environ 5) avec en majorité des herbicides. Puis les herbicides deviennent de plus en plus nombreux en avril passant de 3 à 7. Les fongicides sont retrouvés dans l'atmosphère dès le début avril et leur nombre augmente au cours du mois. Pour les insecticides, que ce soit en mars ou pendant les trois premières semaines d'avril, un seul d'entre eux est détecté dans l'atmosphère.

La première quinzaine de mai est caractérisée par le plus grand nombre de pesticides retrouvés, il approche la vingtaine. Le nombre d'herbicides stagne mais celui des fongicides ne cesse de croître. Les insecticides augmentent aussi à partir de la fin avril et un nématocide est retrouvé à la mi-mai.

Ainsi, au cours du printemps 2006, le nombre de pesticides dans l'air ambiant francilien augmente à partir de début avril pour atteindre une vingtaine de composés durant la première quinzaine de mai. Ensuite, de fin mai à fin juin, le nombre de pesticides semble stagner avec une légère tendance à la diminution. Cette évolution observée pour le printemps 2006 est évidemment dépendante des conditions météorologiques et de la pression parasitaire.

Généralement, l'apparition et l'évolution du nombre de pesticides dans l'atmosphère suivent les traitements réalisés. Cependant, les observations du mois de juin ne montrent pas de diminution nette du nombre de produits retrouvés, alors que les traitements en grandes cultures, notamment pour le blé très majoritaire en Ile-de-France, sont de moins en moins fréquents. Mis à part un prolongement éventuel durant l'été des traitements insecticides et fongicides, les résultats du mois de juin pourraient s'expliquer de deux façons.

D'une part, les pesticides peuvent être soumis à un phénomène de volatilisation post-application, à savoir un départ vers l'atmosphère du pesticide présent dans le sol ou à la surface du végétal après son application. Cette remise en circulation des pesticides dans l'atmosphère, variable suivant les composés, dépend des conditions météorologiques (humidité...), de la couverture végétale et de la nature du sol. Elle peut ainsi représenter une voie importante de transfert vers l'atmosphère, qui peut durer de quelques jours à quelques semaines (voire plus) avec des cycles jours/nuits⁷⁴.

D'autre part, l'utilisation des produits phytosanitaires en zone non agricole est légèrement décalée avec de nouveaux traitements vers la fin du printemps et le début de l'été. Or, le caractère non agricole des usages de produits phytosanitaires se retrouve dans la grande majorité des sites de mesure (Paris, Gennevilliers, Chelles, et Coulommiers dans une moindre mesure).

⁷⁴ Carole Bedos, Pierre Cellier et al « Mass transfer of pesticides into the atmosphere by volatilization from soils and plants : overview » Agronomie 22 (2002) 21-33 INRA, EDP sciences, 2002

V.4 Des concentrations généralement plus faibles à Paris qu'en Beauce (Bois-Herpin)

Les niveaux mesurés dans l'air ambiant pour chacun des pesticides sont de l'ordre du nanogramme par mètre cube (ng/m^3) à savoir 1 milliardième de gramme par mètre cube d'air. Les concentrations rencontrées au cours du printemps 2006 en Ile-de-France varient de $0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$ (limite de quantification de la méthode) à $305 \text{ ng}/\text{m}^3$ (concentration maximale relevée en chlorothalonil à Bois Herpin (91) en Beauce la semaine du 6 au 13 juin 2006). Les concentrations en pesticides rencontrées dans l'air ambiant francilien, sont de l'ordre de celles relevées dans les autres régions (Centre, Champagne-Ardenne, Poitou-Charentes...) ⁷⁵.

La Figure 9 montre la distribution des concentrations relevées sur les cinq sites de mesure franciliens au printemps 2006. Cette distribution est faite suivant trois classes de concentrations, à savoir des concentrations qualifiées de faibles (inférieures ou égales à $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ inclus), moyennes (de $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ exclu à $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ inclus) et élevées (supérieures à $0,5 \text{ ng}/\text{m}^3$). Ces classes et les qualificatifs associés ne possèdent pas de signification sanitaire. Pour rappel, il n'existe pas de normes relatives aux concentrations en pesticides dans l'air ambiant. Les classes de concentrations sont définies de manière relative à partir des données relevées au cours de la campagne de mesure. Les qualificatifs permettent de mieux positionner les classes les unes par rapport aux autres. L'utilisation des distributions permet de comparer les concentrations relevées simultanément sur les cinq sites de mesures (Paris, Gennevilliers, Chelles, Coulommiers, Bois-Herpin (Beauce)). Les concentrations sont aussi présentées pesticide par pesticide en annexe 4.

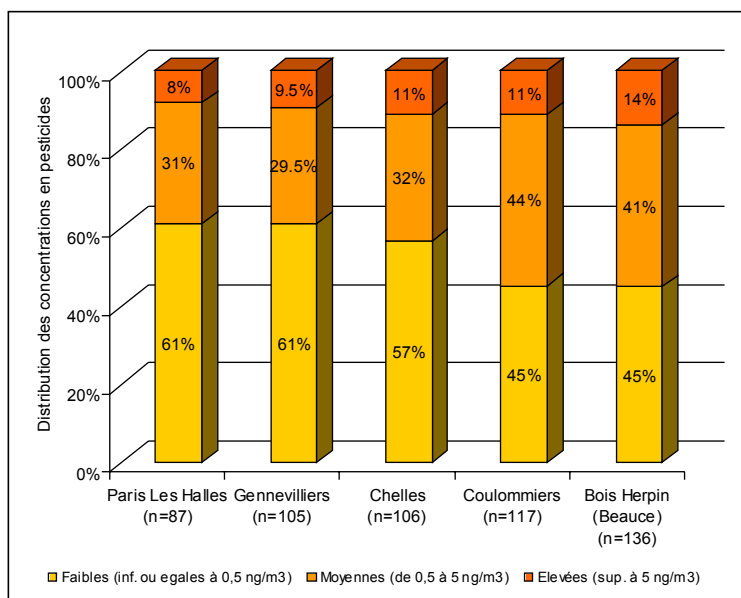


Figure 9 : Distribution des concentrations en pesticides suivant trois classes pour chacun des sites de mesure.

Il apparaît que la distribution des concentrations diffère entre le site rural de Bois-Herpin en Beauce avec un caractère agricole fort et les sites urbains de Paris, Gennevilliers et aussi Chelles. La distribution des concentrations rencontrées sur les sites de Coulommiers s'approche aussi plus de celle relevée à Bois-Herpin que celles observées en milieu urbain. Les concentrations observées en pesticides à Paris sont généralement plus faibles que celles relevées en Beauce à Bois-Herpin. En effet, durant le printemps 2006, 61% des concentrations en pesticides rencontrées à Paris sont qualifiées de faibles alors que cette classe de concentrations représente 45% des niveaux observés à Bois-Herpin. Pour les concentrations dites moyennes et élevées, elles s'élèvent à une proportion de 55% (respectivement 41% et 14%) à Bois-Herpin, ces classes représentent 39% des concentrations à Paris (31% pour les moyennes et 8% pour les élevées).

Ce constat ne se limite pas que à ces deux sites puisque les autres sites en milieu urbain, à savoir Gennevilliers et Chelles, possèdent une distribution des concentrations très proche de celle de Paris.

⁷⁵ Revue officielle de la Fédération Nationale des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air « Contamination de l'air par les pesticides : nouvelle composante de la pollution de l'air. Bilan des mesures réalisées par les AASQA Lig'Air, Air Pays de la Loire, Atmo Auvergne, Air Breizh, Atmo Champagne Ardenne, Atmo Poitou Charentes, Oramip », - Année 2006.

Les concentrations qualifiées de faibles représentent 57% à Chelles et 61% à Gennevilliers pour 61% à Paris. Celles dites moyennes sont respectivement de 32%, 29,5% et 31%. Enfin, les concentrations en pesticides les plus élevées représentent une proportion semblable sur les trois sites (11% à Chelles, 9,5% à Gennevilliers, 8% à Paris).

La proportion des concentrations faibles semblent décroître en fonction du caractère agricole des sites, plus le site est urbain plus les concentrations en pesticides semblent en général faibles. Sur les sites de Gennevilliers et Paris Les Halles, les concentrations dites faibles sont largement majoritaires. Cela est aussi vrai pour le site de Chelles avec toutefois une légère diminution de la part des concentrations inférieures ou égales à 0,5 ng/m³. Pour les sites de Coulommiers et de Bois-Herpin, les concentrations dites faibles passent en deçà des 50%, au profit d'une augmentation de la part des concentrations qualifiées de moyennes et élevées.

Les concentrations maximales sont généralement relevées à Bois-Herpin en Beauce ou moins fréquemment à Coulommiers. Les maximums sont observés pour 14 pesticides à Bois-Herpin, pour 7 pesticides à Coulommiers, pour 2 pesticides à Chelles, de même pour Gennevilliers et pour 4 pesticides à Paris. Lorsque les maximums sont retrouvés sur les sites de Gennevilliers et Paris, ces valeurs sont généralement faibles ou moyennes, elles sont comprises entre 0,3 ng/m³ et 4,7 ng/m³, et les concentrations sur les autres sites sont proches. Le trentième pesticide (tetraconazole, fongicide utilisé sur le blé) a été retrouvé uniquement à l'état de traces. On entend par traces, le fait que le composé a été détecté dans l'air ambiant mais à des concentrations trop faibles pour être quantifié de manière précise.

Le pesticide qui enregistre les concentrations les plus importantes est le chlorothalonil, fongicide utilisé sur les pois, les féveroles, le blé et aussi pour des activités non-agricoles. Ce composé est responsable de toutes les concentrations maximales sur les cinq sites, à savoir 52 ng/m³ à Paris, 67 ng/m³ à Chelles, 90 ng/m³ à Gennevilliers, 111 ng/m³ à Coulommiers et 305 ng/m³ à Bois-Herpin. Ces concentrations maximales ont été observées durant la période du 30 mai au 20 juin 2006, qui correspond d'après la DRIAF et le SRPV à une période d'application du chlorothalonil, sur le blé, les féveroles et les pois. Un traitement supplémentaire de « rattrapage » n'est pas également à exclure pour les activités non-agricoles en cette période, notamment sur les sites de l'agglomération parisienne.

VI LES PRATIQUES EN ZONES AGRICOLES OU NON AGRICOLES INFLUENT DIRECTEMENT SUR LA PRESENCE DES PESTICIDES DANS L'AIR AMBIANT

VI.1 Classification des composés suivant leur utilisation

Il est possible de regrouper les pesticides retrouvés dans l'air ambiant en fonction de leur usage. Cet usage est renseigné à partir des informations transmises par la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Agriculture et de la Forêt (DRIAF) et son Service Régional de la Protection des Végétaux (SRPV). Il se trouve que les pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien sont en grande majorité utilisés en Ile-de-France sur des cultures dominantes. Toutefois d'autres composés peuvent aussi être rencontrés dans l'air ambiant francilien, il s'agit de produits ne correspondant pas à un usage majeur dans la région (arboriculture, viticulture), de produits utilisés à des fins non-agricoles, voire même des composés interdits d'utilisation en tant que produits phytosanitaires. Le Tableau 3 présente la répartition des 30 pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien suivant les types d'utilisation.

Composés utilisés sur des cultures dominantes en Ile-de-France	Composés utilisés sur des cultures mineures en Ile-de-France	Composés utilisés essentiellement pour des activités non-agricoles	Composés interdits d'utilisation en tant que produits phytosanitaires
acetochlor (H)	dichlorvos (I)	dichlobenil (H)	γ-HCH (lindane) (I)
aclonifen (H)	ethoprophos (N)	chlorpyrifos ethyl (I)	metolachlore (H)
a-endosulfan (I)	propachlor (H)	oxadiazon (H)	tebutame (H)
alachlore (H)	spiroxamine (F)		
azoxystrobine (F)	vinchlozolin (H)		
carbofuran (I)			
chlorothalonil (F)			
cyproconazole (F)			
cyprodinil (F)			
ethofumesate (H)			
fenoxapropo-ethyl (H)			
fenpropidine (F)			
fenpropimorphe (F)			
folpel (F)			
lenacil (H)			
pendiméthaline (H)			
tebuconazole (F)			
tetraconazole (F)			
trifluraline (H)			

Tableau 3 : Pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien au printemps 2006 (14 mars au 20 juin)

H : Herbicide, F : Fongicide, I : Insecticide, N : Nématicide

Sur les trente pesticides retrouvés dans l'air ambiant, la majorité est associée aux pratiques agricoles dominantes en Ile-de-France, à savoir la culture des céréales, des oléagineux, des protéagineux et des betteraves industrielles. Ces cultures représentent 87% de la superficie agricole utilisée régionale. Elles sont aussi évidemment présentes dans les zones limitrophes de l'Ile-de-France (partie de la Beauce en région Centre, partie du Vexin en Picardie...).

Ainsi 19 pesticides utilisés sur les cultures dominantes ont été retrouvés dans l'air ambiant francilien lors de la campagne de mesure. Il s'agit de neuf fongicides, huit herbicides et deux insecticides. Ils sont utilisés sur le blé, l'orge, le maïs, les pois, le colza, le tournesol, les féveroles et les betteraves. Un des composé (le folpel) n'est pas utilisé en grande culture, mais sur les laitues. Pour rappel, l'Ile-de-France est la troisième région française productrice de laitue.

Les composés associés à des utilisations mineures en Ile-de-France sont employés en arboriculture, maraîchage (hors laitue) ou viticulture. Ces cultures ne sont pas des activités agricoles dominantes en Ile-de-France au regard de la présence massive des exploitations céréalières.

Lors de la campagne de mesure visant le printemps 2006, trois composés utilisés essentiellement en Ile-de-France pour des activités non-agricoles ont été retrouvés dans l'air ambiant. Le dichlobenil est employé comme herbicide pour les arbres et les arbustes d'ornement dans les espaces verts et aussi sur les rosiers notamment par les particuliers. L'oxadiazon est un herbicide utilisé sur les arbres et les arbustes d'ornement par les professionnels ainsi que sur les gazons. Quant au chlorpyrifos-ethyl, il

s'agit d'un insecticide destiné au traitement des arbustes d'ornement et des cultures florales diverses avec pour cible les vers, les taupins, les mouches⁷⁶....

Enfin, trois composés interdits d'utilisation en tant que produits phytosanitaires sont retrouvés dans l'air ambiant francilien. Il s'agit du lindane, du tebutame et du metolachlore. Notons que le metolachlore (interdit) et son isomère⁷⁷ le S-metolachlore (autorisé) ne peuvent être distingués lors de l'analyse. Le lindane est interdit d'utilisation depuis 1998⁷⁸ en France et depuis 2002 en Europe⁷⁹, le métolachlore et le tebutame sont interdits depuis 2003⁸⁰ en Europe.

VI.2 Des profils de concentration des pesticides dans l'air nuancés suivant les sites

Les pesticides retrouvés sur chaque site de mesure peuvent être reliés à leur type d'utilisation. Ainsi, la Figure 10 présente la répartition des quantifications sur les cinq sites de mesure suivant les types de composés, à savoir composés interdits d'utilisation, utilisés sur des cultures en Ile-de-France dominantes, mineures ou pour des activités non-agricoles. Les prélèvements sur chacun des sites ont été cumulés et les pesticides classés et regroupés suivant le type d'utilisation.

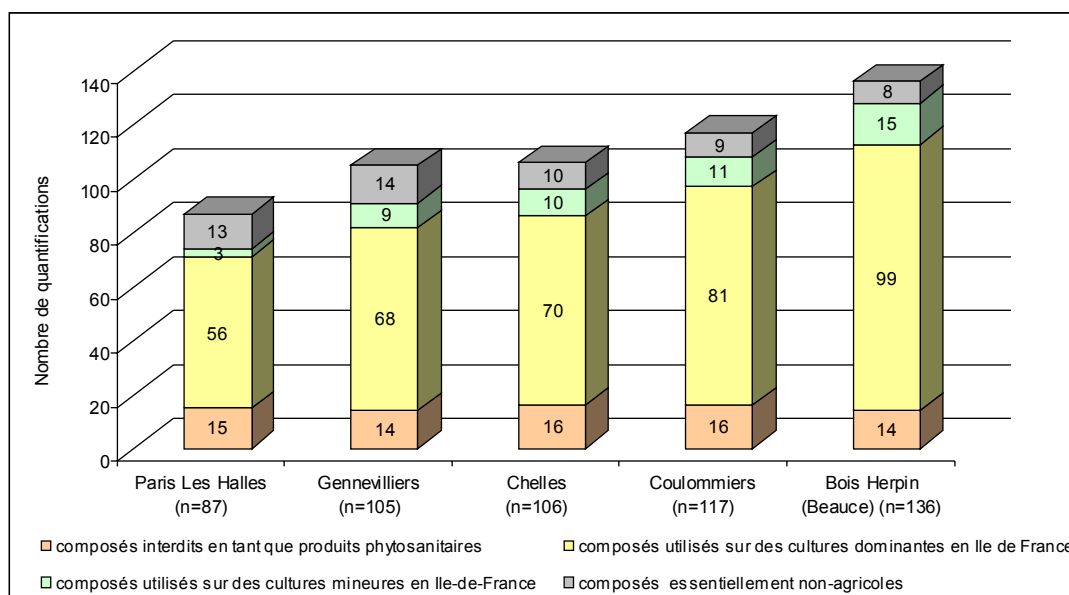


Figure 10 : Répartition suivant les types de composés des quantifications en pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien au printemps 2006

Comme déjà évoqué, c'est sur le site de Bois-Herpin en Beauce que le plus grand nombre de pesticides est retrouvé lors du printemps 2006. A Bois-Herpin, sur les 80 pesticides recherchés dans 13 prélèvements soit 1040 recherches, 136 analyses se sont révélées positives et ont donc donné lieu à une quantification des concentrations. Sur les autres sites, les quantifications diminuent lorsque le caractère agricole est moins prononcé (117 quantifications à Coulommiers, 106 à Chelles, 105 à Gennevilliers et 87 à Paris). Au delà du nombre total de quantifications apportant les mêmes enseignements que le nombre de pesticides détectés sur chaque site (cf. paragraphe V.1), il est intéressant en complément d'étudier comment se répartissent sur chaque site les quantifications en fonction des types d'utilisation.

⁷⁶ Le chlorpyrifos ethyl est un insecticide utilisé notamment pour la désinfection des sols, il peut être utilisé pour les cultures légumières. Notons que plusieurs références bibliographiques comme par exemple « Atmospheric deposition of PAHs, PCBs, and organochlorine pesticides to Corpus christi Bay, Texas » Park an al. Atmospheric Environment 36 (2002) 1707-1720 indique que les niveaux en chlorpyrifos ethyl sont plus élevés en milieu urbain qu'en zone rurale.

⁷⁷ isomère : composé identique par la composition élémentaire, mais qui diffère par la disposition des atomes.

⁷⁸ J.O. du 15.02.97, p. 2635. NOR : AGRG9700286V

⁷⁹ Décision 200/801/CE du 20 décembre 2000 et Nations Unies Conseil Economique et Social : Nouvelle évaluation des polluants organiques persistants, juillet 2002

⁸⁰ Règlement (CE) N°2076/2002 de la Commission du 20 novembre 2002

Il apparaît que⁸¹ :

- les composés interdits sont retrouvés aussi souvent sur les cinq sites ,
- les composés utilisés pour des cultures dominantes en Ile-de-France, produits les plus souvent rencontrés, sont quantifiés sur tous les sites avec des fréquences plus importantes sur les sites avec un profil agricole,
- quelques composés utilisés sur des cultures mineures en Ile-de-France sont retrouvés sur tous les sites mais plus rarement en milieu urbain,
- les composés liés à des activités non-agricoles sont plus souvent retrouvés en milieu urbain qu'en zone rurale.

Chaque site possède donc un profil de présence de pesticides dans l'air ambiant qui diffère légèrement suivant les usages phytosanitaires aux environs de ce dernier. Comme nous allons le voir dans les paragraphes suivants, ces différences sont renforcées par l'étude des concentrations rencontrées sur chaque site pour chaque type de composés.

VI.2.1 Des concentrations importantes pour les produits utilisés sur les cultures dominantes en Ile-de-France.

Comme dit précédemment, les composés utilisés sur des cultures dominantes en Ile-de-France ou à la périphérie de la région représentent le plus grand nombre de pesticides retrouvés dans l'air ambiant francilien : 19 sur 30. Ces pesticides sont plus fréquemment retrouvés en Beauce ou à Coulommiers que dans l'agglomération parisienne : le nombre de quantifications est de 99 à Bois-Herpin, 81 à Coulommiers pour 70 à Chelles, 68 à Gennevilliers et 56 à Paris.

Les concentrations pour ces composés varient énormément. Pour illustration sur le site de Bois-Herpin, les concentrations maximales peuvent atteindre 305 ng/m³ pour le fongicide chlorothalonil et uniquement 0,2 ng/m³ pour l'herbicide fenoxprop-p-ethyl. La quantité de produits utilisée, les propriétés physico-chimiques et les modes d'application pour chacun des composés influent forcément sur les concentrations de pesticides dans l'air ambiant et pourraient expliquer ces écarts.

En considérant l'ensemble des pesticides utilisés sur les cultures dominantes, les concentrations sont à 45% qualifiées de faibles (inférieures ou égales à 0,5 ng/m³ inclus), 39% dites moyennes (comprises entre 0,5 ng/m³ et 5 ng/m³) et 16% classées comme élevées (supérieures à 5 ng/m³). Pour rappel, ces classes et les qualificatifs associés ne possèdent pas de signification sanitaire et il n'existe pas de normes relatives aux concentrations en pesticides dans l'air ambiant. Des différences dans la distribution de ces concentrations apparaissent entre les sites de mesure, comme illustré par la Figure 11.

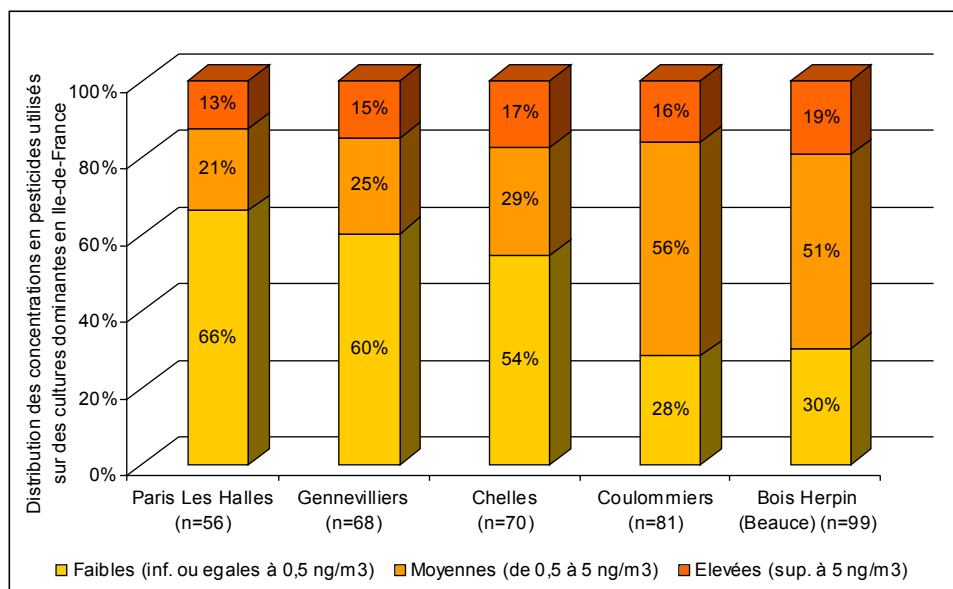


Figure 11 : Distribution des concentrations en pesticides utilisés sur des cultures dominantes en Ile-de-France suivant trois classes « faibles – moyennes – élevées » pour chacun des sites de mesure.

⁸¹ Ces constats sont établis pour un nombre de quantification qui diffère suivant les types de composés : 374 pour les produits utilisés sur des cultures dominantes en Ile-de-France, 75 pour ceux interdits en tant que produits phytosanitaires, 54 pour ceux liés à des activités non-agricoles et 48 pour ceux employés sur des cultures mineures. Par conséquent, les incertitudes sur ces résultats diminuent avec les nombres de quantification.

Une différence nette concernant la distribution des concentrations en pesticides utilisés sur les cultures majeures de la région existe entre les sites de l'agglomération parisienne et ceux disposés dans des zones de cultures. Pour les sites de l'agglomération, les concentrations dites faibles (inférieures ou égales à $0,5 \text{ ng/m}^3$) sont largement majoritaires. Au contraire pour les sites proches de zones de grandes cultures, ce sont les classes de concentrations moyennes et élevées qui dominent la distribution des niveaux. En effet, les concentrations faibles représentent sur Paris, Gennevilliers et Chelles respectivement 66%, 60% et 54% des niveaux observés, alors que cette classe de concentration atteint uniquement la proportion de 28% et 30% des concentrations à Coulommiers et Bois-Herpin en Beauce. Notons que parmi les sites de l'agglomération parisienne, le site de Chelles disposé à la périphérie présente la proportion de concentrations faibles la moins importante au profit de la part des concentrations moyennes et élevées.

Sur les sites à caractère agricole, les concentrations sont qualifiées en majorité de « moyennes » (56% à Coulommiers et 51% à Bois-Herpin). C'est aussi en Beauce à Bois-Herpin que la proportion de concentrations élevées est la plus importante (19% pour 16% à Coulommiers, 17% à Chelles, 15 % à Gennevilliers et 13% à Paris). Ainsi, les concentrations élevées (supérieures à 5 ng/m³) pour ces composés utilisés principalement sur les grandes cultures franciliennes peuvent être aussi relevées dans l'agglomération parisienne. Il peut s'agir du chlorothalonil qui en plus d'un usage principal sur le blé, les pois et les féveroles peut être employé à des fins non-agricoles, mais aussi de composés utilisés normalement uniquement sur les cultures, comme l'endosulfan (féveroles avec aussi des emplois en cultures mineures pour la région) et le fenpropimorphe (orge et blé). La présence de ces composés et les niveaux relevés dans le cœur de l'agglomération parisienne (Paris, Gennevilliers) montre que certains des pesticides utilisés sur les culture dominantes en Ile-de-France peuvent être soumis au transport atmosphérique.

VI.2.2 Les concentrations des composés liés à des activités non-agricoles plus élevées dans l'agglomération parisienne

Pour rappel, les trois pesticides identifiés comme utilisés essentiellement en Ile-de-France à des fins non-agricoles sont : le dichlobenil (herbicide pour les arbres et les arbustes d'ornement dans les espaces verts et les rosiers), l'oxadiazon (herbicide utilisé sur les arbres et les arbustes d'ornement par les professionnels ainsi que sur les gazons), le chlorpyrifos-ethyl (insecticide destiné au traitement des arbustes d'ornement et des cultures florales diverses). Le dichlobenil et le chlorpyrifos-ethyl sont retrouvés dans l'air ambiant des cinq sites de mesure et l'oxadiazon uniquement à Paris. Les concentrations varient de 0,2 à 4,7 ng/m³ pour le dichlobenil et de 0,2 à 1,1 ng/m³ pour le chlorpyrifos-ethyl. L'oxadiazon est trouvé à une seule reprise à Paris à une concentration de 0,3 ng/m³. En moyenne sur les cinq sites au printemps 2006, les concentrations pour ces pesticides peuvent être qualifiées de faibles (inférieures ou égales à 0,5 ng/m³) à 44% et de moyennes (comprises entre 0,5 et 5 ng/m³) à 56%. Aucune concentration dite élevée, à savoir supérieure à 5 ng/m³ n'est relevée.

Des différences de distribution de concentrations sont notées pour les composés liés à des activités non-agricoles. La Figure 12 présente ces distributions pour les cinq sites de mesure instrumentés.

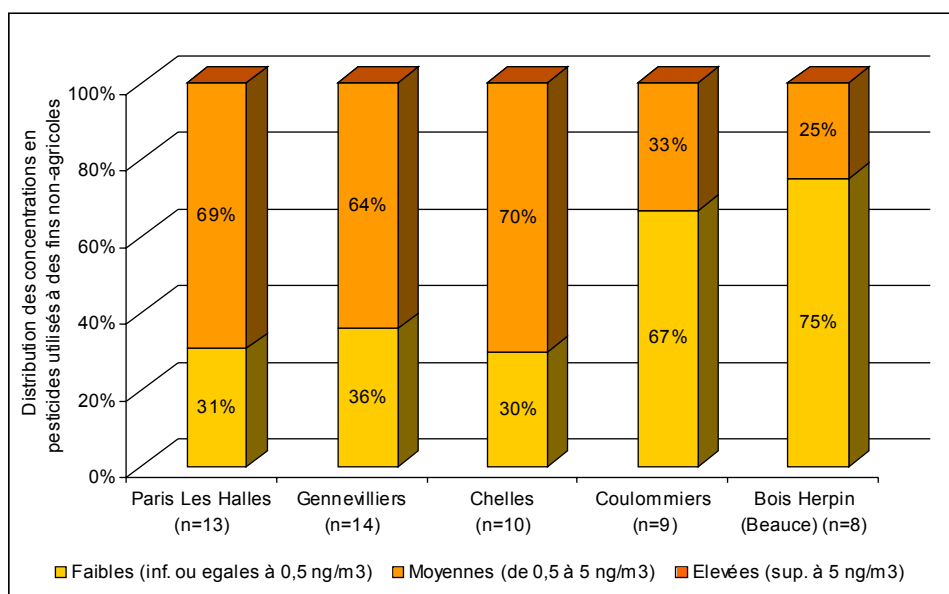


Figure 12 : Distribution des concentrations en pesticides utilisés à des fins non-agricoles suivant trois classes « faibles – moyennes – élevées » pour chacun des sites de mesure.

Les résultats montrent que les pesticides utilisés pour des activités non-agricoles sont plus fréquemment retrouvés en milieu urbain (13 et 14 quantifications à Paris et Gennevilliers pour 8 en Beauce). Les sites de l'agglomération parisienne se caractérisent par des concentrations plus élevées. En effet, comme le montre la Figure 12, les niveaux à Chelles, Gennevilliers et Paris sont en majorité qualifiés de moyens (à des fréquences respectives de 70%, 64% et 69%), alors que pour Coulommiers et Bois-Herpin dans la Beauce les concentrations dites faibles sont majoritaires.

VI.2.3 Les pesticides associés à des cultures mineures en Ile-de-France retrouvés à des concentrations généralement faibles.

Les composés utilisés sur des cultures mineures (arboricultures, viticultures, voire maraîchages) sont retrouvés dans l'air ambiant à des concentrations relativement faibles et assez proches des limites de quantification de la méthode. Ils sont retrouvés plus souvent à Bois Herpin (15 détections) que dans le cœur dense de l'agglomération parisienne (3 détections à Paris). En cumulé sur les sites, les concentrations sont à 77% qualifiées de faibles, à savoir inférieures à $0,5 \text{ ng/m}^3$ et 23% appartiennent à la classe moyenne, comprise entre $0,5$ et 5 ng/m^3 . Pour ces composés correspondant à des usages mineurs en Ile-de-France, aucune concentration n'est supérieure à 5 ng/m^3 .

La Figure 13 présente la distribution des concentrations pour ces composés. Pour Paris, le très faible nombre de quantifications ne permet pas d'obtenir une distribution des concentrations comparable avec les autres sites. Pour information, sur les 3 quantifications à Paris, deux concentrations sont qualifiées de faibles ($0,2$ et $0,4 \text{ ng/m}^3$ en spiroxamine) et une de moyenne ($0,8 \text{ ng/m}^3$ en dichlorvos).

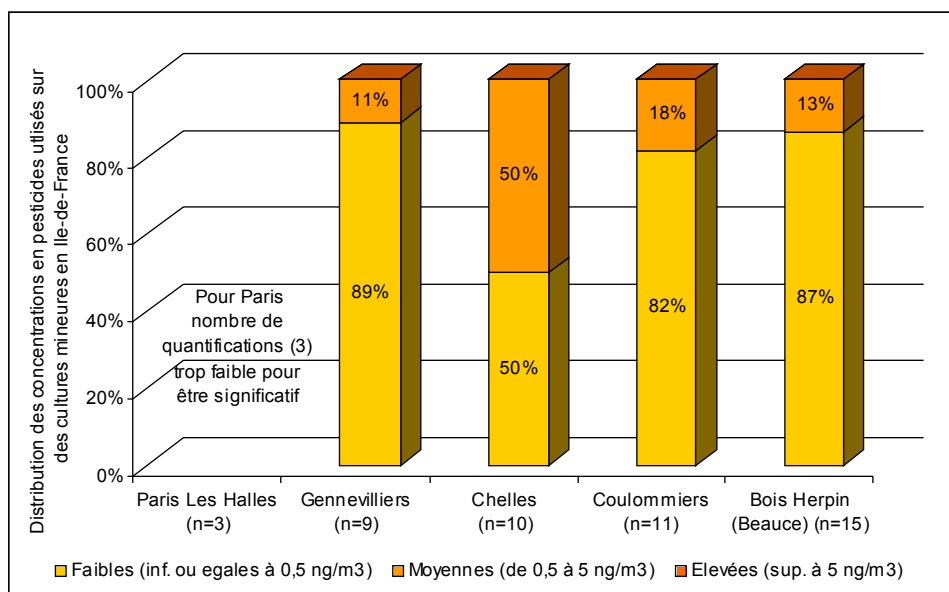


Figure 13 : Distribution des concentrations en pesticides utilisés sur des cultures mineures en Ile-de-France suivant trois classes « faibles – moyennes – élevées » pour chacun des sites de mesure.

Les concentrations sont à plus de 80% du temps faibles à Gennevilliers, Coulommiers et Bois-Herpin. Seul le site de Chelles présente autant de concentrations qualifiées de moyennes et de niveaux dits faibles. Les concentrations de ces composés employés sur des cultures mineures en Ile-de-France sont donc globalement plus importantes sur ce site appartenant à l'agglomération parisienne mais disposé à sa périphérie. C'est bien dans cette zone de l'agglomération que des cultures plus spécifiques comme le maraîchage, l'arboriculture ou l'horticulture sont le plus présentes.

VI.2.4 Un niveau de fond persistant pour certains composés interdits d'utilisation.

Comme le montre la Figure 10, les composés interdits d'utilisation en tant que produit phytosanitaire sont quantifiés aussi souvent sur les cinq sites de mesure durant le printemps 2006. Les concentrations varient entre $0,1$ et $1,2 \text{ ng/m}^3$ en lindane, $0,1$ et $1,0 \text{ ng/m}^3$ en tebutame ainsi que $0,1$ et $0,45 \text{ ng/m}^3$ en metolachlore. Il arrive que ces composés soient aussi retrouvés à l'état de traces, à savoir des concentrations comprises entre $0,05$ et $0,1 \text{ ng/m}^3$. Le lindane est le plus souvent retrouvé avec une fréquence de détection de 63%. Ces résultats semblent indiquer qu'il s'agit pour ces produits d'un niveau de fond à peu près homogène sur la région. Les niveaux en composés interdits sont donc relativement faibles et proches de la limite de quantification de la méthode ($0,1 \text{ ng/m}^3$) : 81% des concentrations peuvent être qualifiées de faibles (inférieures ou égales à $0,5 \text{ ng/m}^3$ ou à l'état de traces) et 19 % de moyennes (entre $0,5$ et 5 ng/m^3), aucune concentration observée n'est supérieure à 5 ng/m^3 .

Notons que certains composés interdits d'utilisation depuis 2003, comme l'atrazine, le parathion ethyl et le parathion méthyl, ne se retrouvent plus dans l'atmosphère. Alors que des études réalisées avant leur interdiction dans d'autres régions françaises montrent que ces composés étaient détectés occasionnellement dans l'air ambiant⁸².

Concernant plus particulièrement le lindane, des niveaux moyens sont plus fréquemment observés à Paris et Gennevilliers par rapport à Chelles, Coulommiers et Bois-Herpin, comme le montre la Figure 14. Les concentrations moyennes représentent 50% et 33% des niveaux à Paris et Gennevilliers pour 20%, 11% et 14% à Chelles, Coulommiers et Bois-Herpin.

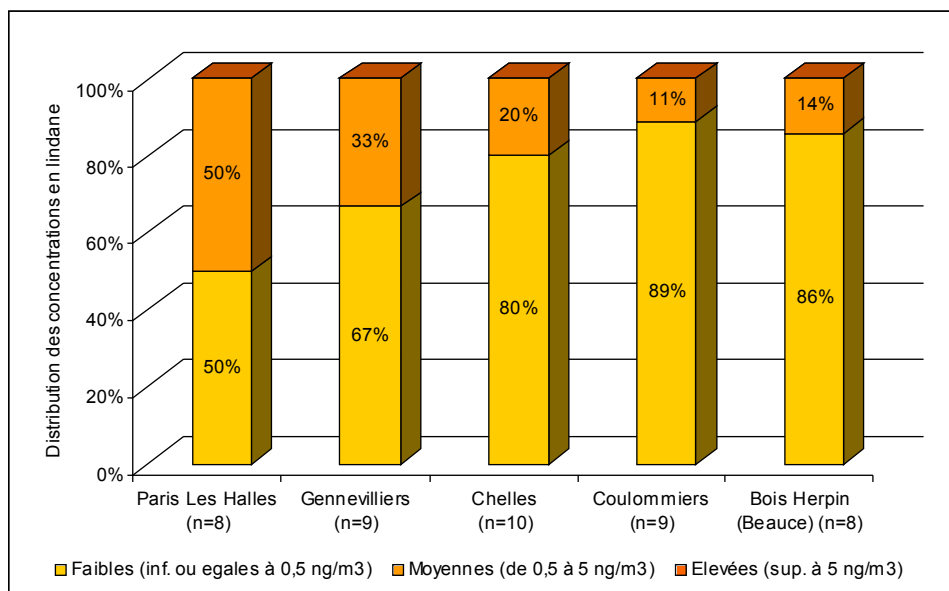


Figure 14 : **Distribution des concentrations en lindane suivant trois classes « faibles – moyennes – élevées » pour chacun des sites de mesure.**

Comme déjà évoqué précédemment, le lindane est interdit en France en tant que produit phytosanitaire depuis 1998⁸³. Le lindane (γ HCH) est visé par le protocole d'Aarhus portant sur les polluants organiques persistants signé en juin 1998. Toutefois après 1998, une utilisation de ce produit existe encore en tant que biocide. Ainsi, le conseil économique et social des Nations Unies répertorie en France pour 2001 trois utilisations du lindane⁸⁴ :

- pour des traitements curatifs par des professionnels et des traitements industriels du bois d'œuvre (charpente, mobilier) et des grumes (troncs d'arbres abattus),
- contre les ectoparasites de l'homme (poux du cuir chevelu, gale) et des animaux domestiques (poux, puces, tiques)
- utilisation pour des applications intérieures dans les industries et les habitations

En 2004, une nouvelle évaluation du conseil économique et social des Nations Unies relève encore ces trois utilisations en France⁸⁵.

Cependant, ces utilisations sont actuellement en cours d'interdiction. Le règlement européen CE 850/2004 impose l'élimination des utilisations du lindane et plus généralement de tous les isomères de l'hexachlorocyclohexane (HCH) au plus tard d'ici la fin de l'année 2007. Ainsi, d'après les nations unies le traitement du bois d'œuvre et les applications dans l'industrie et les habitations, ont du être stoppés en France au plus tard en septembre 2006⁸⁵. Les applications comme produit pharmaceutique et vétérinaire seront stoppées avant la fin 2007, comme en témoigne la suppression progressive au cours de l'année 2006 des autorisations de mise sur le marché par l'Agence nationale du médicament vétérinaire dépendant de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

⁸² « Contamination de l'air par les pesticides : nouvelle composante de la pollution de l'air. Bilan des mesures réalisées par les AASQA Lig'Air, Air Pays de la Loire, Atmo Auvergne, Air Breizh, Atmo Champagne Ardenne, Atmo Poitou Charentes, Oramip », Revue officielle de la Fédération Nationale des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air - Année 2006.

⁸³ J.O. du 15.02.97, p. 2635. NOR : AGRG9700286V

⁸⁴ Nations Unies Conseil Economique et Social : Nouvelle évaluation des polluants organiques persistants, juillet 2002

⁸⁵ Nations Unies Conseil Economique et Social : Contribution technique pour l'examen du protocole sur les polluants organiques persistants, juillet 2004

Ces utilisations biocides du lindane, mises à part celles pour les grumes, varient avec l'importance de la population et de la densité d'habitat. Elles pouvaient avoir encore lieu au cours du printemps 2006 correspondant à la période de mesure. Ces utilisations ne peuvent totalement expliquer les niveaux en lindane rencontrés sur les sites de mesure franciliens. Ces derniers seraient d'avantage dus au caractère persistant du lindane. Pour rappel, le lindane est encore utilisé dans certains pays et il peut aussi être encore présent dans le sol et subir des phénomènes de revolatilisation⁸⁶. Par contre, les utilisations biocides du lindane peuvent éventuellement être une piste d'explication aux légères différences de concentrations notées entre les sites urbains avec une forte densité de population et d'habitats et les sites à caractère plus agricole.

VI.3 L'évolution temporelle des concentrations liée aux traitements

Comme montré précédemment, le nombre de pesticides dans l'air ambiant francilien varie au cours de la campagne de mesure, les concentrations aussi. Pour les pesticides utilisés sur les cultures dominantes en Ile-de-France, les concentrations semblent directement liées aux traitements. Pour illustration, la Figure 15 présente l'évolution des concentrations en trifluraline, fenpropimorphe et endosulfan sur le site rural entouré de grandes cultures de Bois-Herpin (Beauce). Les périodes d'application sur les grandes cultures en Ile-de-France sont renseignées à partir des informations fournies par la DRIAF et le SRPV. Elles concernent le printemps 2006. La trifluraline a été appliquée sur pois et féveroles du 14 mars au 4 avril ainsi que sur tournesol du 10 au 25 avril. Le fenpropimorphe a été utilisé sur blé du 20 avril au 23 mai et sur l'orge du 25 avril au 23 mai. Enfin, les traitements en endosulfan se sont déroulés du 25 mai au 25 juin sur les féveroles.

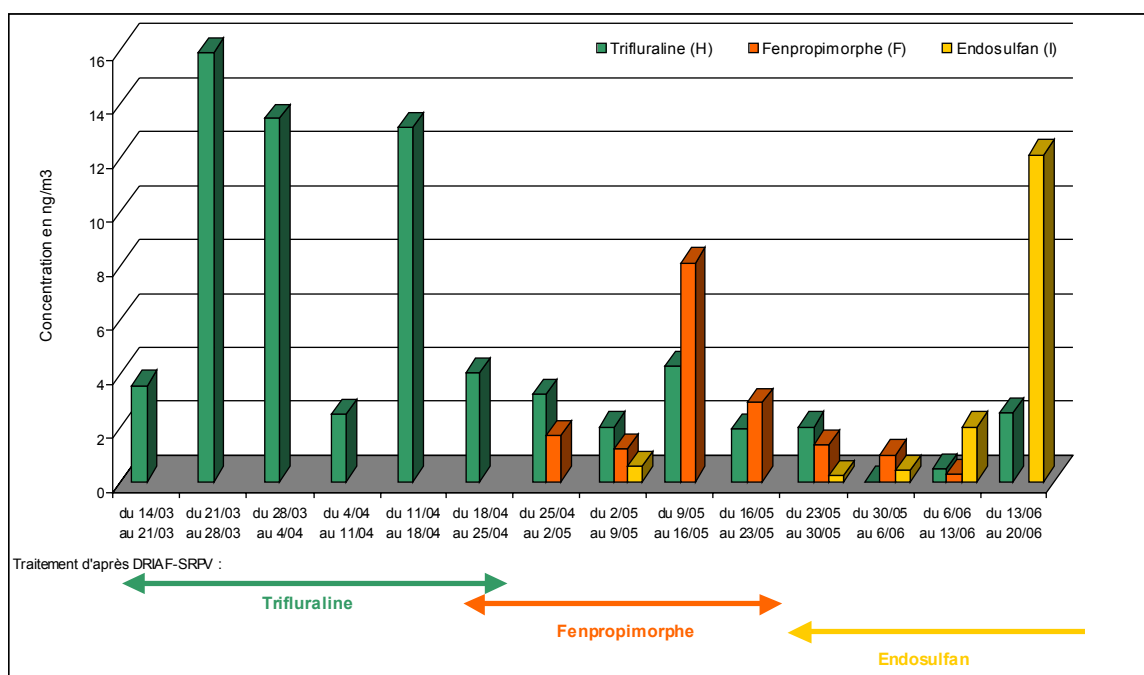


Figure 15 : Evolution des concentrations en trifluraline, fenpropimorphe et endosulfan à Bois-Herpin (Beauce) et périodes d'application des différents produits.

Les concentrations les plus élevées pour chacun des produits sont observées lors de leurs périodes d'application. Pour la trifluraline, les niveaux les plus importants sont rencontrés dès le début du printemps, puis les concentrations diminuent en dehors de la période de traitement. La trifluraline est toujours retrouvée dans l'air ambiant huit semaines après sa période d'application. Notons que des études portant sur l'ensemble de l'année montrent que la trifluraline est retrouvée dans l'air ambiant pratiquement tout au long de l'année⁸². Ce produit est utilisé généralement quelques semaines au

⁸⁶ B. Fabre, E. Roth, V. Heintz - Les isomères de l'Hexachlorocyclohexane- Rapport bibliographique élaboré dans le cadre d'une collaboration UHA-ADEME - 2005

printemps et en automne. Une possible volatilisation post-application à partir du sol et de la végétation est une piste d'explication pour cette présence constante de ce composé très volatil.

Le fenpropimorphe est retrouvé dans l'air ambiant à partir de la fin avril, période correspondant au début des traitements. Les concentrations les plus élevées sont observées durant cette période d'application puis les niveaux décroissent début juin. Enfin, lors de la dernière semaine de mesure, le fenpropimorphe n'est plus retrouvé dans l'air ambiant sur le site de Bois-Herpin.

L'utilisation de l'endosulfan est plus tardive dans le printemps et se prolonge au début de l'été. Elle n'est pas complètement couverte par la campagne de mesure. L'endosulfan n'est pratiquement pas retrouvé dans l'air ambiant en dehors de sa période d'application, il l'est juste une seule semaine sur les dix semaines qui précèdent la période de traitement. Lors de son utilisation, l'endosulfan est retrouvé dans l'atmosphère avec des concentrations atteignant un maximum lors de la dernière semaine de mesure.

Ces trois composés sont aussi retrouvés dans l'air ambiant sur les sites de Paris, Gennevilliers, Chelles et Coulommiers. Les concentrations généralement plus faibles sur ces sites présentent la même évolution temporelle qu'à Bois-Herpin en Beauce. Toutefois, l'endosulfan peut présenter des concentrations plus élevées éventuellement en raison d'un spectre d'application plus large ne concernant pas uniquement les grandes cultures (arbres fruitiers, cultures légumières et cultures ornementales)⁸⁷.

Le constat est identique en zone urbaine avec des composés utilisés dans l'agglomération parisienne à des fins non agricoles. Pour illustration, la Figure 16 présente l'évolution des concentrations en dichlobenil à Paris et Gennevilliers, ainsi que les périodes de traitement herbicide en zones non agricoles. Ces périodes sont moins bien renseignées que celles relevées pour les cultures. Lors d'activités non agricoles (entretien des parcs et des voiries, jardiniers amateurs...), une application principale a lieu au début du printemps, plus particulièrement en mars/avril pour le dichlobenil, et un traitement d'appoint en juin/juillet⁸⁸.

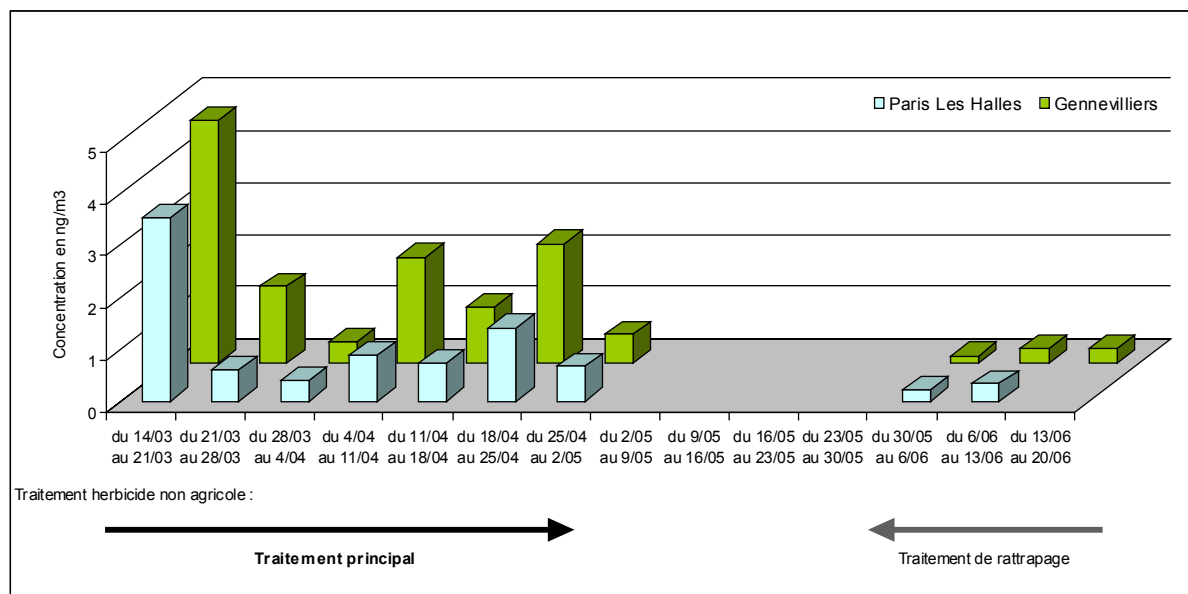


Figure 16 : Evolution des concentrations en dichlobenil à Paris et Gennevilliers et périodes d'application.

Il apparaît clairement que le dichlobenil est retrouvé dans l'air ambiant dans l'agglomération parisienne lors des périodes de traitements. Les concentrations les plus élevées sont observées durant le début du printemps correspondant à sa période d'application principale. Puis le composé n'est plus retrouvé dans l'air ambiant durant une grande partie du mois de mai, avant d'être de nouveau quantifié à des concentrations plus faibles lors des trois premières semaines de juin. Le dichlobenil est aussi retrouvé sur les autres sites (Chelles, Coulommiers et Bois-Herpin) uniquement pendant les périodes d'application à des concentrations légèrement plus faibles et moins souvent.

⁸⁷ Index Phytosanitaire ACTA 2005

⁸⁸ Phyt'eaux propres, La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en région Ile-de-France – Bilan d'activité 1997 - 2001

La concordance entre période d'application et de détection dans l'air ou concentrations élevées est illustrée à travers l'exemple de trois composés utilisés sur les grandes cultures en Beauce et du dichlobenil employé dans l'agglomération parisienne. Or, cette concordance se retrouve pour une très grande majorité des produits utilisés en Ile-de-France. Un décalage est observé pour deux composés, l'acétochllor et le carbofuran. Il reste que pour une partie des produits, leur observation dans l'air ambiant est restreinte pratiquement à leur période d'utilisation. C'est le cas de composés comme l'aclonifen, l'azoxystrobine, le cyproconazole, le dichobenil, l'oxadiazon.... Pour l'autre partie, des composés comme l'alachlore, le cyprodinil, la pendiméthaline, la trifluraline..., se caractérisent par leur observation dans l'air après leurs périodes d'utilisation. Ces concentrations résiduelles, moins élevées que celles relevées durant les traitements, peuvent être rencontrées deux à trois semaines après la période de traitement (fenpropimorphe et fenpropidine) mais aussi beaucoup plus longtemps après (pendiméthaline, trifluraline).

Enfin pour l'endosulfan et le chlorothalnil, la période de mesure ne couvre pas complètement la période d'utilisation. Il est donc impossible de renseigner l'existence de concentrations résiduelles.

VII CONCLUSION

L'instrumentation des cinq sites de mesure pendant le printemps 2006 montre que des pesticides sont présents dans l'air ambiant francilien en zone rurale comme en zone urbaine. Cette présence généralisée des pesticides dans l'air s'explique par le fait que ces composés peuvent être soumis au transport atmosphérique et qu'ils sont aussi utilisés en milieu urbain à des fins non-agricoles.

Pour les composés utilisés essentiellement sur les cultures dominantes en Ile-de-France (cyprodinil, fenpropimorphe, trifluraline, ...), les concentrations les plus importantes sont relevées en zone agricole à savoir sur le site installé en Beauce ou celui de Coulommiers. Le même constat est réalisé pour les composés à usage agricole et non agricole (chlorothalonil et pendiméthaline).

Par contre pour les pesticides essentiellement employés à des fins non agricoles (dichlobenil, oxadiazon ...), les concentrations les plus importantes sont retrouvées dans l'agglomération parisienne (Paris, Chelles et Gennevilliers).

Le site instrumenté à la périphérie de l'agglomération (au Nord-Ouest de Chelles) occupe généralement en terme de niveaux une position médiane que ce soit pour les composés utilisés sur les cultures dominantes ou ceux utilisés pour des activités non agricoles, notamment le dichlobenil. Seuls les composés employés sur des cultures régionales mineures (arboriculture, maraîchage...) présentent des concentrations plus élevées sur ce site. Pour rappel, ce type de culture est implanté essentiellement à la limite de l'agglomération parisienne et des zones de grandes cultures dominantes en Ile-de-France.

Que ce soit dans le cadre d'activités phytosanitaires agricoles ou non agricoles, l'évolution temporelle des concentrations en pesticides dans l'air est liée aux traitements réalisés au cours du printemps. Certains composés sont retrouvés dans l'air ambiant uniquement durant leurs périodes d'utilisation, d'autres présentent des niveaux plus importants pendant les traitements puis les concentrations diminuent en sortant de la période d'utilisation. La persistance dans l'air de ces composés peut s'expliquer notamment par un passage vers l'atmosphère après utilisation à partir du sol ou de la végétation.

Toutefois, notons que les enseignements tirés de cette étude exploratoire demandent à être complétés compte tenu de la variété des substances utilisées, la possibilité d'usages multiples pour un même composé et des connaissances encore peu développées sur leur comportement dans l'air.

Des composés interdits d'utilisation en tant que produits phytosanitaires en France sont aussi retrouvés dans l'air. Il s'agit essentiellement du lindane, composé organochloré persistant et pouvant être soumis à des transports atmosphériques à grande distance ainsi qu'à une re-volatilisation à partir des sols.

Enfin, il apparaît que la contamination dans l'air par les produits phytosanitaires se distingue de celles des eaux. Ainsi, les composés les plus fréquemment retrouvés dans l'air ambiant comme la trifluraline et la pendiméthaline ne correspondent pas à ceux relevés régulièrement dans les eaux⁸⁹, tout comme le composé possédant les concentrations atmosphériques les plus élevées (chlorothalonil).

Il n'existe pas d'obligation réglementaire de mesurer les pesticides dans l'air ambiant ni de normes de la qualité de l'air concernant ces composés. Toutefois, parallèlement à l'évolution des connaissances sur l'impact sanitaire d'une exposition chronique notamment par inhalation, il serait utile de poursuivre la surveillance de ces composés dans l'air ambiant francilien. Des campagnes régulières, tous les 3-4 ans, pourraient ainsi permettre de suivre l'évolution de leur concentrations et de leur nature en fonction des éventuelles modifications des pratiques agricoles et des pesticides utilisés. En effet, la commission européenne a lancé depuis 1992 un vaste programme de révision de toutes les substances actives rentrant dans la préparation des produits phytosanitaires. Ce travail s'achèvera en 2008⁹⁰. En parallèle, le plan interministériel 2006-2009 de réduction des risques liés aux pesticides a notamment pour objectif de « réduire de 50% d'ici l'achèvement du plan, les quantités de substances actives vendues les plus dangereuses » et pour axe de travail « d'agir sur les pratiques et de minimiser le recours aux pesticides ». Ces différentes actions pourraient se traduire par une évolution notable de l'usage des pesticides.

⁸⁹ Info Phytos n°5 DIREN Ile-de-France

⁹⁰ Observatoire des Résidus de Pesticides

ANNEXE 1 :

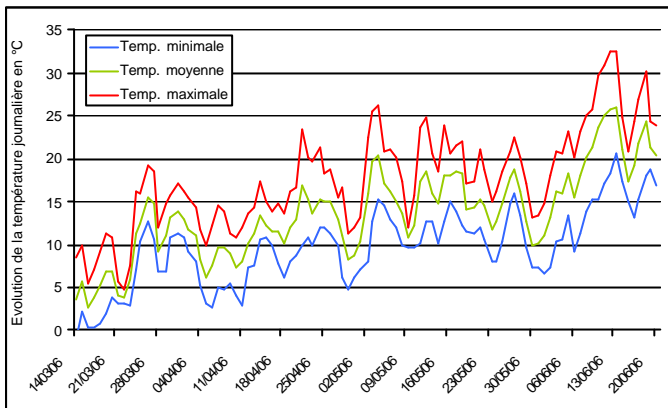
Limite de détection et de quantification des pesticides suivis lors de la campagne de mesure

Pesticides	Limites de Quantification (ng piégé/éch)	Limites de Quantification (ng/m3)	Analyses		
Aclonifen	100	0,6	GC/MSD		
Alachlore	20	0,1			
Atrazine					
Azoxystrobine	100	0,6			
Carbaryl	20	0,1			
Carbofuran					
Chlorothalonil					
Cyfluthrine I	100	0,6			
Cyfluthrine II					
Cyfluthrine III					
Cymoxanil	400	2,4			
Cypermethrine I	100	0,6			
Cypermethrine II					
Cypermethrine III+IV					
Cyprodinil	20	0,1			
Deltamethrine	400	2,4			
Desethylatrazine	20	0,1			
Desisopropylatrazine					
Dichlobenil					
Dichlorvos					
Dicofol					
Diflufenicanil	2500	14,9			
Dinocap I					
Dinocap II					
Dinocap III					
Dinocap IV					
Dinocap V					
Esfenvalerate	100	0,6			
Fenoxaprop-ethyle	20	0,1			
Fenpropidine					
Fenpropimorphe					
Kresoxim-methyl					
Lenacil					
Metazachlore					
Metolachlore					
Oxadiazon					
Pendimethaline					
Propyzamide					
Simazine					
Tebuconazole				100	0,6
Tébutame				20	0,1
Terbuthylazine					
Trifluraline					

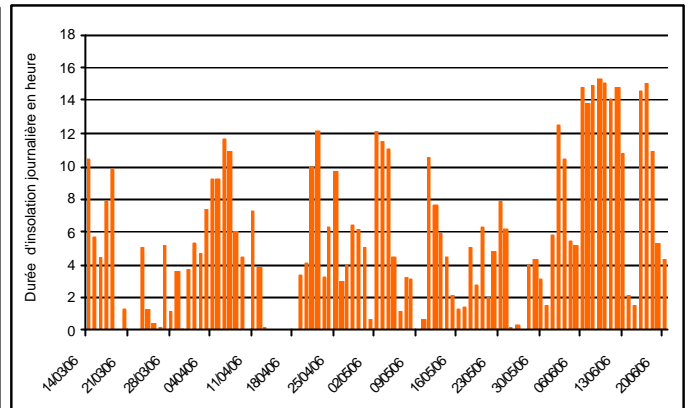
Pesticides	Limites de Quantification (ng piégé/éch)	Limites de Quantification (ng/m3)	Analyses	
2,4' DDE	20	0,1	GC/MSD	
4,4' DDE				
2,4' DDD				
2,4' DDT + 4,4' DDD				
4,4' DDT				
a-endosulfan				
a-HCH				
g-HCH				
Chlorpyrifos ethyl	100	0,6		
Cyproconazole	20	0,1		
Diazinon				
Dimethenamide				
Epoxiconazole	100	0,6		
Ethofumesate	20	0,1		
Ethoprophos				
Ethyl parathion				
Fluazinam				
Flusilazole				
Folpel				
Hexaconazole				
Malathion				
Methyl parathion	500	3		
Methidathion				
Oxydemeton-s-methyl				
Phosmet	20	0,1		
Propargite	100	0,6		
Tetraconazole	20	0,1		
Acetochlor	20	0,1		GC/MSD
Dimethomorph I	100	0,6		
Dimetomorph II				
Propachlor	20	0,1		
Spiroxamine				
Vinclozolin				
Tolyfluanid				
Captane	100	0,6		
Oxyfluorfen	20	0,1		
Fludioxonil				
Lambda-cyhalotrine				
Norflurazon				
Oryzalin	100	0,6		
Tau-fluvalinate I	20	0,1		
Tau-fluvalinate II				
Methomyl	500	3		
Phoxim	1000	6		

ANNEXE 2 :

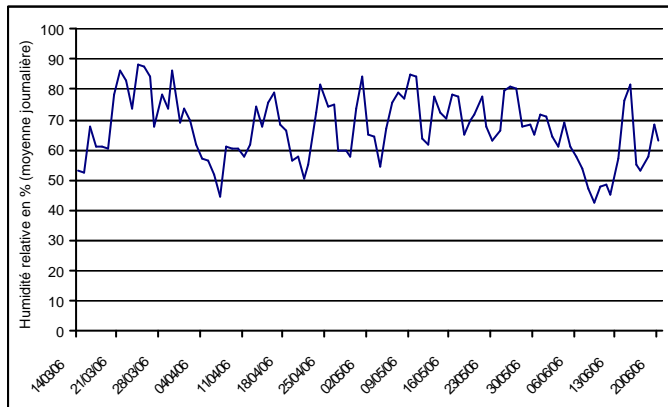
Evolution des paramètres météorologiques (température, insolation, précipitation et humidité relative)
au cours du printemps 2006 (14 mars au 20 juin)
Données Météo-France



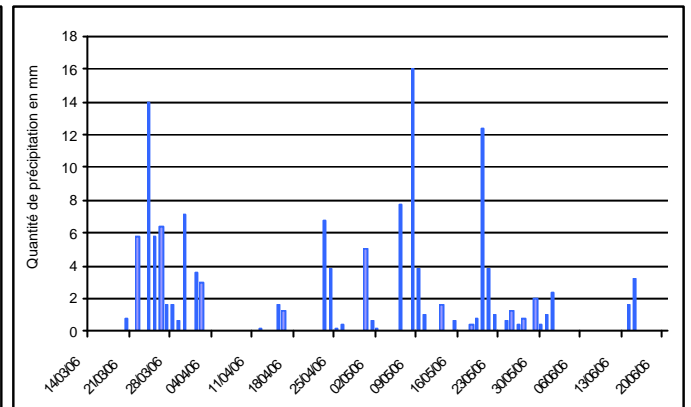
(a) Température (minimale, moyenne et maximale)



(b) Durée d'insolation



(c) Humidité relative



(d) Quantité de précipitation

ANNEXE 3 :

Fréquence de détection des composés retrouvés dans l'air ambiant
lors de la campagne de mesure du 14 mars au 20 juin 2006

Pesticides	Fréquence de détection en %
2,4' DDD	0
2,4' DDE	0
2,4' DDT + 4,4' DDD	0
4,4' DDE	0
4,4' DDT	0
A - HCH	0
Acetochlor	10
Aclonifen	3
A-endosulfan	28
Alachlore	44
Atrazine	0
Azoxystrobine	6
Captane	0
Carbaryl	0
Carbofuran	10
Chlorothalonil	66
Chlorpyrifos ethyl	16
Cyfluthrine I	0
Cyfluthrine II	0
Cyfluthrine III	0
Cymoxanil	0
Cypermethrine I	0
Cypermethrine II	0
Cypermethrine III+IV	0
Cyproconazole	1
Cyprodinil	54
D - HCH	0
Deltamethrine	0
Desethylatrazine	0
Desisopropylatrazine	0
Diazinon	0
Dichlobenil	62
Dichlorvos	4
Dicofol	0
Diflufenicanil	0
Dimethenamide	0
Dimethomorph I	0
Dimetomorph II	0
Dinocap	0
Epoxiconazole	0
Esfenvalerate	0
Ethofumesate	4
Ethoprophos	1
Ethyl parathion	0
Fenoxaprop-ethyle	6
Fenpropidine	46
Fenpropimorphe	44
Fluazinam	0
Fludioxonil	0
Flusilazole	0
Folpel	10

Pesticides	Fréquence de détection en %
B - HCH	0
G - HCH	63
Hexaconazole	0
Kresoxim-methyl	0
Lambda-cyhalotrine	0
Lenacil	6
Malathion	0
Mehtyl parathion	0
Metazachlore	0
Methidathion	0
Methomyl	0
Metolachlore + (S)	31
Norflurazon	0
Oryzalin	0
Oxadiazon	1
Oxydemethon-s-methyl	0
Oxyfluorfen	0
Pendimethaline	93
Phosmet	0
Phoxim	0
Propachlor	15
Propargite	0
Propyzamide	0
Simazine	0
Spiroxamine	47
Tau-fluvalinate I	0
Tau-fluvalinate II	0
Tebuconazole	10
Tébutame	16
Terbuthylazine	0
Tetraconazole	10
Tolyfluanid	0
Trifluraline	97
Vinclozolin	3

ANNEXE 4 :

Evolution des concentrations en pesticides retrouvés dans l'air ambiant
lors de la campagne de mesure du 14 mars au 20 juin 2006

Concentration en ng/m³ à Bois-Herpin (91) situé en Beauce

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
2,4' DDD														
2,4' DDE														
2,4' DDT + 4,4' DDD														
4,4' DDE														
4,4' DDT														
A - HCH														
Acetochlor										1,0				
Aclonifen		1,1			0,8									
A-endosulfan								0,6			0,2	0,4	2,0	12,1
Alachlore					0,7	0,6	0,4	0,4		0,6	0,3			0,2
Atrazine														
Azoxystrobine									0,6	0,8	0,3		0,3	
Captane														
Carbaryl														
Carbofuran													5,5	3,7
Chlorothalonil				0,2	0,3	1,8	0,4	38,2	20,8	41,7	56,0	5,1	305,5	214,7
Chlorpyrifos ethyl												0,2		
Cyfluthrine I														
Cyfluthrine II														
Cyfluthrine III														
Cymoxanil														
Cyperméthrine I														
Cyperméthrine II														
Cyperméthrine III+IV														
Cyproconazole								2,3						
Cyprodinil					0,4	0,7	3,3	35,9	2,5	1,5	15,6	2,5	1,3	0,7
D - HCH														
Deltaméthrine														
Desethylatrazine														
Desisopropylatrazine														
Diazinon														
Dichlobenil	2,5	0,3	0,2	0,6		0,4						0,2	0,2	
Dichlorvos												0,1		
Dicofol														
Diflufenicanil														
Dimethenamide														
Dimethomorph I														
Dimetomorph II														
Dinocap														
Epoxyconazole														
Esfenvalerate														
Ethofumesate									1,0					
Ethoprophos									0,2					
Ethyl parathion														
Fenoxaprop-ethyle									0,2	Trace			0,2	
Fenpropridine					0,2	0,7	0,2	1,4	2,3	1,3	2,8	Trace		
Fenpropimorphe							1,7	1,2	8,1	2,9	1,4	1,0	0,3	
Fluazinam														
Fludioxonil														
Flusilazole														
Folpel														13,2
B - HCH														
G - HCH (lindane)		Trace	0,3		0,3	0,6	Trace	0,3	0,2					
Hexaconazole														
Kresoxim-methyl														
Lambda-cyhalotrine														
Lenacil									0,7					
Malathion														
Mehtidathion														
Mehtyl parathion														
Metazachlore														
Methomyl														
Metolachlore								Trace	0,4	0,4	0,3			
Norflurazon														
Oryzalin														

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
Oxadiazon														
Oxydemeton-s-methyl														
Oxyfluorfen														
Pendimethaline	0,3	39,2	17,8	0,7	6,4	2,6	4,2	2,9	4,2	2,7	2,5	0,1	0,3	1,2
Phosmet														
Phoxim														
Propachlor				0,2	2,5	0,5						0,1		
Propargite														
Propyzamide														
Simazine														
Spiroxamine				0,2				0,2	0,3	Trace	0,2	0,7	0,3	0,4
Tau-fluvalinate I														
Tau-fluvalinate II														
Tebuconazole									0,9			0,4		0,4
Tébutame	trace			0,6	0,2									
Terbuthylazine														
Tetraconazole								Trace	Trace	Trace	Trace			
Tolyfluanid														
Trifluraline	3,6	15,9	13,4	2,5	13,1	4,0	3,2	2,0	4,3	1,9	2,0	Trace	0,5	2,5
Vinclozolin														0,2

Trace : signifie que la concentration est comprise entre la limite de détection et celle de quantification

Concentration en ng/m³ à Coulommiers (77)

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
2,4' DDD					Nd									
2,4' DDE					Nd									
2,4' DDT + 4,4' DDD					Nd									
4,4' DDE					Nd									
4,4' DDT					Nd									
A - HCH					Nd									
Acetochlor					Nd			3,1	1,9	1,1	0,5			
Aclonifen					Nd									
A-endosulfan					Nd					0,6		2,4	19,9	44,4
Alachlore					Nd	1,7	2,7	0,9	0,4	0,4	0,2	Trace		
Atrazine					Nd									
Azoxystrobine					Nd									
Captane					Nd									
Carbaryl					Nd									
Carbofuran					Nd								3,3	
Chlorothalonil					Nd	3,2		23,2	3,5	16,2	35,1	37,1	104,1	111,2
Chlorpyrifos ethyl					Nd									0,2
Cyfluthrine I					Nd									
Cyfluthrine II					Nd									
Cyfluthrine III					Nd									
Cymoxanil					Nd									
Cypermethrine I					Nd									
Cypermethrine II					Nd									
Cypermethrine III+IV					Nd									
Cyproconazole					Nd									
Cyprodinil					Nd	1,3	1,1	0,9	0,3	0,3	0,2	Trace	0,1	
D - HCH					Nd									
Deltamethrine					Nd									
Desethylatrazine					Nd									
Desisopropylatrazine					Nd									
Diazinon					Nd									
Dichlobenil	3,6	0,4	0,4	0,6	Nd	0,8						0,2	0,3	0,3
Dichlorvos					Nd					0,4				
Dicofol					Nd									
Diflufenicanil					Nd									
Dimethenamide					Nd									
Dimetomorph I					Nd									
Dimetomorph II					Nd									
Dinocap					Nd									
Epoxiconazole					Nd									
Esfenvalerate					Nd									
Ethofumesate					Nd				1,3			1,2		
Ethoprophos					Nd									
Ethyl parathion					Nd									
Fenoxaprop-ethyl					Nd									
Fenpropiidine					Nd	2,1	1,1	2,1	1,9	1,2	0,2	0,2		
Fenpropiorphe					Nd	0,9	0,8	2,2	3,6	0,9	0,2	0,4	0,4	
Fluazinam					Nd									
Fludioxonil					Nd									
Flusilazole					Nd									
Folpel					Nd								17,6	49,6
B - HCH					Nd									
G - HCH (lindane)	Trace	0,2		0,2	Nd	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5	Trace			
Hexaconazole					Nd									
Kresoxim-methyl					Nd									
Lambda-cyhalothrine					Nd									
Lenacil					Nd			Trace						
Malathion					Nd									
Mehtidathion					Nd									
Mehtyl parathion					Nd									
Metazachlore					Nd									
Met homyl					Nd									
Metolachlore					Nd			Trace	0,4	0,4	0,3	0,2		0,2
Norflurazon					Nd									
Oryzalin					Nd									
Oxadiazon					Nd									
Oxydemeton-s-methyl					Nd									
Oxyfluorfen					Nd									
Pendimethaline	0,7	15,7	3,3	3,2	Nd	2,6	2,3	2,6	1,5	1,0	0,9	0,5	0,4	0,5

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
Phosmet					Nd									
Phoxim					Nd									
Propachlor					Nd									
Propargite					Nd									
Propyzamide					Nd									
Simazine					Nd									
Spiroxamine				0,2	Nd	0,4		0,9	0,4	0,2	0,2	0,4	0,9	0,3
Tau-fluvalinate I					Nd									
Tau-fluvalinate II					Nd									
Tebuconazole					Nd								1,4	0,6
Tébutame	trace				Nd									
Terbutylazine					Nd									
Tetraconazole					Nd			Trace						
Tolyfluanid					Nd									
Trifluraline	8,1	15,7	2,7	0,9	Nd	0,9	0,8	0,9	0,3	0,5	0,2	Trace	0,1	0,3
Vinclozolin					Nd									0,1

Trace : signifie que la concentration est comprise entre la limite de détection et celle de quantification
Nd : non disponible

Concentration en ng/m³ à Chelles (77)

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
2,4' DDD														
2,4' DDE														
2,4' DDT + 4,4' DDD														
4,4' DDE														
4,4' DDT														
A - HCH														
Acetochlor											0,2			
Aclonifen														
A-endosulfan				3,5								1,0	9,4	23,1
Alachlore						0,3	0,9	0,3	0,2	0,4	0,2			
Atrazine														
Azoxystrobine														
Captane														
Carbaryl														
Carbofuran							0,6						6,9	4,2
Chlorothalonil						1,6		12,3	1,9	6,1	15,6	20,4	67,2	7,5
Chlorpyrifos ethyl														0,4
Cyfluthrine I														
Cyfluthrine II														
Cyfluthrine III														
Cymoxanil														
Cyperméthrine I														
Cyperméthrine II														
Cyperméthrine III+IV														
Cyproconazole														
Cyprodinil					0,1	2,6	0,6	0,2	Trace	Trace				
D - HCH														
Deltaméthrine														
Desethylatrazine														
Desisopropylatrazine														
Diazinon														
Dichlobenil	3,8	0,7	0,6	0,8	0,8	1,2	0,8					0,2	0,3	
Dichlorvos														
Dicofol														
Diflufenicanil														
Dimethenamide														
Diméthomorph I														
Diméthomorph II														
Dinocap														
Epoxiconazole														
Esfenvalerate														
Ethofumesate														
Ethoprophos														
Ethyl parathion														
Fenoxaprop-ethyle														
Fenpropridine						0,3	0,1	0,4	0,6	0,4		Trace		
Fenpropimorphe								0,2	0,3	7,0	0,2	0,1	0,4	
Fluazinam														
Fludioxonil														
Flusilazole														
Folpel													9,3	24,1
B - HCH														
G - HCH (lindane)		0,2		0,1	0,5	0,4	0,2	1,2	Trace	0,5	Trace			0,4
Hexaconazole														
Kresoxim-methyl														
Lambda-cyhalotrine														
Lenacil									0,1					
Malathion														
Méthidathion														
Méthyl parathion														
Metazachlore														
Methomyl														
Metolachlore									Trace	0,1	Trace	Trace		
Norflurazon														
Oryzalin														
Oxadiazon														
Oxydemethon-s-methyl														
Oxyfluorfen														
Pendiméthaline	0,8	4,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2		0,2
Phosmet														

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
Phoxim														
Propachlor				0,3	0,4		0,5							
Propargite														
Propyzamide														
Simazine														
Spiroxamine						0,3		0,5	0,8	0,2		0,4	0,7	0,9
Tau-fluvalinate I														
Tau-fluvalinate II														
Tebuconazole													0,8	
Tébutame	Trace			0,5										
Terbutylazine														
Tetraconazole														
Tolyfluanid														
Trifluraline	3,0	4,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,1	Trace		0,2
Vinclozolin														

Trace : signifie que la concentration est comprise entre la limite de détection et celle de quantification

Concentration en ng/m³ à Gennevilliers (92)

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
2,4' DDD														
2,4' DDE														
2,4' DDT + 4,4' DDD														
4,4' DDE														
4,4' DDT														
A - HCH														
Acetochlor														
Aclonifen														
A-endosulfan									0,6			0,8	6,3	10,6
Alachlore						0,2	0,3		0,2	0,4	0,2			
Atrazine														
Azoxystrobine														
Captane														
Carbaryl														
Carbofuran														4,9
Chlorothalonil						1,4	0,2	13,5	3,9	14,6	15,4	89,9	60,9	20,7
Chlorpyrifos ethyl								0,5		0,4			1,1	1,0
Cyfluthrine I														
Cyfluthrine II														
Cyfluthrine III														
Cymoxanil														
Cypermethrine I														
Cypermethrine II														
Cypermethrine III+IV														
Cyproconazole														
Cyprodinil					0,2	0,3	0,3	0,2	Trace	Trace		0,1		
D - HCH														
Deltamethrine														
Desethylatrazine														
Desisopropylatrazine														
Diazinon														
Dichlobenil	4,7	1,5	0,4	2,1	1,1	2,3	0,6					0,2	0,3	0,3
Dichlorvos														
Dicofol														
Diflufenicanil														
Dimethenamide														
Dimetomorph I														
Dimetomorph II														
Dinocap														
Epoxiconazole														
Esfenvalerate														
Ethofumesate														
Ethoprophos														
Ethyl parathion														
Fenoxaprop-ethyl										Trace				
Fenpropidine						0,3	0,2	0,4	0,3	0,2				
Fenproprymorph								0,2	0,3	0,2	Trace	0,1	Trace	
Fluazinam														
Fludioxonil														
Flusilazole														
Folpel													5,7	13,9
B - HCH														
G - HCH (lindane)	Trace			Trace	0,2	0,6	0,3	0,2		0,5			0,6	0,4
Hexaconazole														
Kresoxim-methyl														
Lambda-cyhalothrine														
Lenacil										Trace				
Malathion														
Mehtidathion														
Mehtyl parathion														
Metazachlore														
Metomyl														
Metolachlore									Trace	0,2		Trace		
Norflurazon														
Oryzalin														
Oxadiazon														
Oxydemeton-s-methyl														
Oxyfluorfen														
Pendimethaline	0,2	1,9		0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,6		0,2

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
Phosmet														
Phoxim														
Propachlor					0,6		0,3					Trace		
Propargite														
Propyzamide														
Simazine														
Spiroxamine						0,2		0,1	0,1			0,3	0,5	0,5
Tau-fluvalinate I														
Tau-fluvalinate II														
Tebuconazole														
Tébutame	Trace													0,6
Terbuthylazine														
Tetraconazole								Trace						
Tolyfluanid														
Trifluraline	1,2	3,5	0,1	0,6	0,8	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5	0,2	1,2	Trace	0,2
Vinclozolin														

Trace : signifie que la concentration est comprise entre la limite de détection et celle de quantification

Concentration en ng/m³ à Paris 1^{er} arrondissement (75)

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
2,4' DDD			Nd											
2,4' DDE			Nd											
2,4' DDT + 4,4' DDD			Nd											
4,4' DDE			Nd											
4,4' DDT			Nd											
A - HCH			Nd											
Acetochlor			Nd								0,3			
Aclonifen			Nd											
A-endosulfan			Nd										5,1	17,1
Alachlore			Nd				0,3	0,2	0,3	0,6	0,2			
Atrazine			Nd											
Azoxystrobine			Nd											
Captane			Nd											
Carbaryl			Nd											
Carbofuran			Nd											
Chlorothalonil			Nd			1,8	0,3	10,5	3,2	16,0	11,1	7,8	52,5	2,2
Chlorpyrifos ethyl			Nd					0,8		1,0		0,3	0,6	
Cyfluthrine I			Nd											
Cyfluthrine II			Nd											
Cyfluthrine III			Nd											
Cymoxanil			Nd											
Cypermethrine I			Nd											
Cypermethrine II			Nd											
Cypermethrine III+IV			Nd											
Cyproconazole			Nd											
Cyprodinil			Nd		0,1	0,3	0,3	0,2	Trace	Trace				
D - HCH			Nd											
Deltamethrine			Nd											
Desethylatrazine			Nd											
Desisopropylatrazine			Nd											
Diazinon			Nd											
Dichlobenil	3,5	0,6	Nd	0,9	0,7	1,4	0,7					0,2	0,3	
Dichlorvos			Nd				0,8							
Dicofol			Nd											
Diiflufenicanil			Nd											
Dimethenamide			Nd											
Dimetomorph I			Nd											
Dimetomorph II			Nd											
Dinocap			Nd											
Epoxiconazole			Nd											
Esfenvalerate			Nd											
Ethofumesate			Nd											
Ethoprophos			Nd											
Ethyl parathion			Nd											
Fenoxaprop-ethyl			Nd											
Fenpropiidine			Nd			0,3	Trace	0,5	0,4	0,2				
Fenpropimorph			Nd						0,4		Trace	Trace		
Fluazinam			Nd											
Fludioxonil			Nd											
Flusilazole			Nd											
Folpel			Nd											
B - HCH			Nd											
G - HCH (lindane)	0,1	0,4	Nd		0,6	0,5	0,3	0,7	0,2	1,2				
Hexaconazole			Nd											
Kresoxim-methyl			Nd											
Lambda-cyhalothrine			Nd											
Lenacil			Nd											
Malathion			Nd											
Mehtidathion			Nd											
Mehtyl parathion			Nd											
Metazachlore			Nd											
Met homyl			Nd											
Metolachlore			Nd						Trace	0,2	Trace	Trace		
Norflurazon			Nd											
Oryzalin			Nd											
Oxadiazon			Nd										0,3	
Oxydemeton-s-methyl			Nd											
Oxyfluorfen			Nd											
Pendimethaline	0,3	2,2	Nd	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,4	0,8	0,4	Trace		

	du 14/03 au 21/03	du 21/03 au 28/03	du 28/03 au 4/04	du 4/04 au 11/04	du 11/04 au 18/04	du 18/04 au 25/04	du 25/04 au 2/05	du 2/05 au 9/05	du 9/05 au 16/05	du 16/05 au 23/05	du 23/05 au 30/05	du 30/05 au 6/06	du 6/06 au 13/06	du 13/06 au 20/06
Phosmet			Nd											
Phoxim			Nd											
Propachlor			Nd											
Propargite			Nd											
Propyzamide			Nd											
Simazine			Nd											
Spiroxamine			Nd									0,2	0,4	
Tau-fluvalinate I			Nd											
Tau-fluvalinate II			Nd											
Tebuconazole			Nd										0,8	
Tébutame	Trace		Nd		0,3									1,0
Terbutylazine			Nd											
Tetraconazole			Nd					Trace						
Tolyfluanid			Nd											
Trifluraline	2,1	3,8	Nd	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,1	Trace		0,2
Vinclozolin			Nd											

Trace : signifie que la concentration est comprise entre la limite de détection et celle de quantification