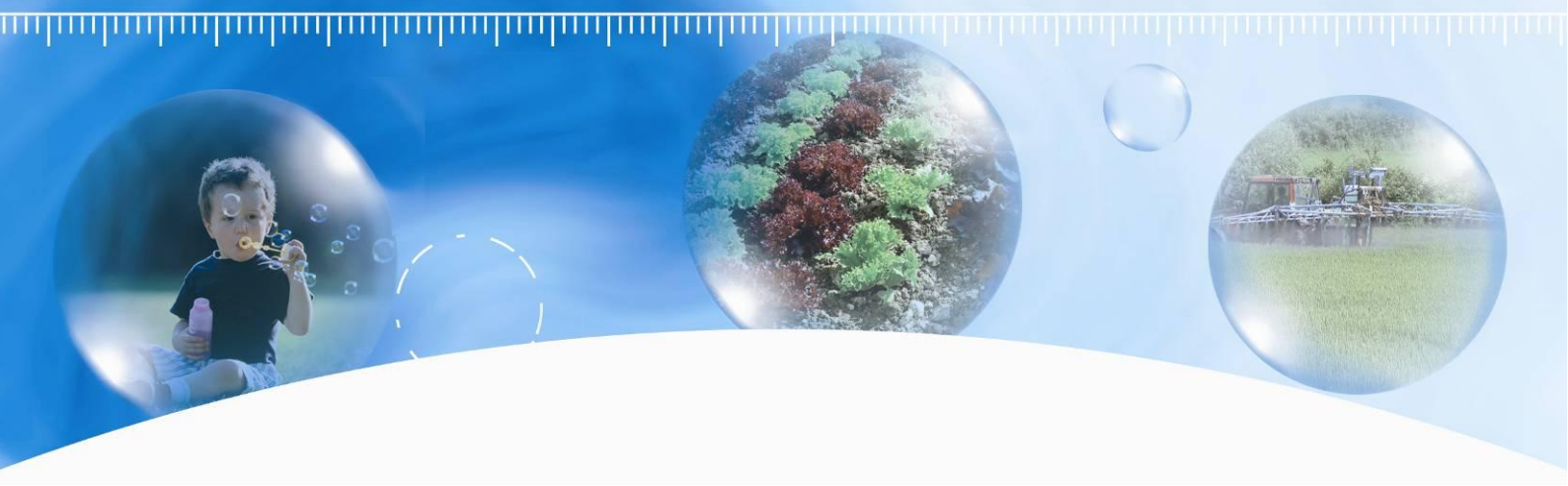


Suivi des pesticides dans l'air ambiant

Mesures réalisées en 2008-2009 en zone arboricole dans le Pilat (42) et dans le parc national des Ecrins (38)

Novembre 2010

AMPASEL

ASCOPARG

AFAQ ISO 9001

AMPASEL et ASCOPARG font partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Leur mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre et compte tenu du statut d'organisme non lucratif, AMPASEL et ASCOPARG sont garants de la transparence de l'information sur le résultat de leurs travaux.

Conditions de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété des associations. Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en termes de «AMPASEL, ASCOPARG (2010) *Suivi des pesticides dans l'air ambiant – Mesures réalisées en 2008-2009 en zone arboricole dans le Pilat (42) et dans le parc national des Ecrins (38) ».*
- AMPASEL et ASCOPARG ne sont en aucune façon responsables des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de leurs travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Cette étude a reçu le concours financier de la région Rhône-Alpes.

Edition du 1er décembre 2010

Crédits photos couverture : Mari © fotolia.com ; Mikhail Mishchenko@fotolia.com Michel Bazin © fotolia.com

Sommaire

1. Introduction 8

2. Méthodologie 9

2.1. Les sites de mesure 9

2.2. Les substances recherchées 12

2.3. Les périodes de mesure 13

2.4. Les méthodes de prélèvement et d'analyse des substances 13

3. Résultats 16

2.1. La zone arboricole du Pilat 16

2.2. Le parc des Ecrins 22

2.3. Analyse commune des deux sites 25

4. Conclusions 27

ANNEXES

ANNEXE 1 - Mieux comprendre les pesticides
ANNEXE 2 - Occupation du sol dans le secteur du site Pilat (arboriculture)
ANNEXE 3 - Occupation du sol dans le secteur du site Ecrins
ANNEXE 4 - Liste des substances recherchées
ANNEXE 5 - Rendements d'extraction de chaque molécule
ANNEXE 6 - Limites de détection (LD) et de quantification (LQ)
ANNEXE 7 - Résultats détaillés des mesures réalisées en 2008-2009

Table des figures

Figure 1 Carte de pression phytosanitaire en Rhône-Alpes et localisation des sites de mesure 9
Figure 2 Utilisation de la surface agricole sur le canton de Pélussin (42) 10
Figure 3 Localisation du point de mesure dans le Pilat 10
Figure 4 Localisation du point de mesure dans le parc des Ecrins 11
Figure 5 Répartition des substances recherchées par famille 12
Figure 6 Calendrier prévisionnel des prélèvements 13
Figure 7 Répartition des limites de détection (en ng/échantillon) 14
Figure 8 Cumul des précipitations (en mm) et humidité relative (en %) 16
Figure 9 Répartition par famille et classement par fréquence de quantification des substances quantifiées au moins une fois sur le site Pilat (arboriculture) 17
Figure 10 Répartition des concentrations supérieures à la limite de quantification sur le site Pilat (arboriculture) et contribution de chaque famille à la charge globale 18
Figure 11 Contribution des substances à la charge globale en pesticides 18
Figure 12 Evolution des concentrations des différentes substances par famille 20
Figure 13 Cumul des précipitations (en mm) et Température (en °C) 22
Figure 14 Classement par fréquence de quantification des substances quantifiées au moins une fois sur le site Ecrins 22
Figure 15 Répartition des concentrations supérieures à la limite de quantification et contribution de chaque famille à la charge globale sur le site Ecrins 23
Figure 16 Contribution des substances à la charge globale sur le site Ecrins 23
Figure 17 Evolution des concentrations sur le site Ecrins 24

Résumé

En région Rhône-Alpes, un programme d'évaluation de la présence des phytosanitaires dans l'air a été mis en place par les associations de surveillance de la qualité de l'air sur 7 sites différents en 3 ans. Le dernier volet a été conduit en 2008-2009 sur deux sites :

- → L'un en zone d'arboriculture (pommes principalement) dans le parc naturel régional du Pilat. En effet, selon l'expertise menée par l'INRA et le CEMAGREF en 2005, le verger de pommier est celui qui reçoit le plus grand nombre de traitements phytosanitaires. Un secteur d'arboriculture (abricots/pêches) avait été évalué lors du premier volet.
- → L'un en zone éloignée des cultures, dans le parc national des Ecrins.

Des prélèvements d'une semaine ont été réalisés sur chacun des deux sites : d'octobre 2008 à octobre 2009 pour le site Pilat (arboriculture) et d'avril à octobre 2009 pour le site Ecrins. 85 substances ont été recherchées dans chacun des prélèvements.

Sur le site Pilat (arboriculture), 14 substances ont été quantifiées au moins une fois, principalement des herbicides et des insecticides. Comparativement aux autres sites déjà évalués en Rhône-Alpes, mais également aux sites du territoire national en secteur de pommiers, le site Pilat (arboriculture) présente un nombre de substances quantifiées plus faible et des niveaux de concentrations limités. L'influence des vignobles dans le secteur est visible sur le site, avec le folpel, fongicide de la vigne, qui présente les concentrations les plus élevées. Au contraire, l'influence de l'arboriculture est peu marquée sur les résultats. Les conditions météorologiques du secteur et de l'année évaluée, la distance aux vergers, ainsi que la mise en œuvre d'agriculture intégrée, peuvent expliquer ces résultats.

Sur le site des Ecrins, cinq substances ont été quantifiées au moins une fois. Seul le chlorothalonil l'est régulièrement à des niveaux proches de la limite de quantification. Ponctuellement, quelques autres substances peuvent être détectées. La simultanéité avec les résultats obtenus dans le Pilat atteste, pour la plupart, d'un phénomène global. Sur ce site de fond, ils sont similaires à ceux retrouvés sur un site équivalent dans le parc des volcans d'Auvergne.

La réalisation de ce premier programme d'évaluation de la présence des phytosanitaires dans l'air de Rhône-Alpes a permis de dresser un état des lieux et de mettre en évidence les différences entre quelques secteurs de Rhône-Alpes, choisis pour représenter la variété des cultures. Les enseignements acquis dans ce cadre vont permettre d'orienter la stratégie de surveillance à mettre en place pour ce type de polluants sur la région. Parmi ces enseignements, on peut citer les périodes de présence des substances, celles étant les plus fréquemment détectées, la relation avec la carte de pression phytosanitaire. Par ailleurs, les interrogations soulevées, comme la variabilité spatiale à proximité des cultures et l'influence des conditions météorologiques, devront être documentées.

Contexte

- Depuis le rapport du Comité de la Prévention et de la Précaution en 2002 soulignant que le problème sanitaire posé par l'utilisation des pesticides justifie l'application du principe de précaution, plusieurs plans ont accordé une part importante à la problématique pesticides. Les années 2008 et 2009 ont été marquées par plusieurs événements dont la publication en septembre 2008 du plan ECOPHYTO 2018 par le ministère de l'Agriculture, visant à réduire de 50% l'usage des pesticides, et l'adoption en janvier 2009 par le parlement européen du « paquet pesticides » comprenant une Directive cadre pour l'utilisation durable des produits phytosanitaires et un règlement relatif à la mise sur le marché des produits phytosanitaires. Cette directive fixe pour la première fois au niveau communautaire des règles pour rendre l'utilisation des pesticides plus sûre et encourager le recours à la lutte intégrée et aux alternatives non chimiques. Le règlement modernise les conditions d'autorisation des produits phytosanitaires et adopte des critères plus stricts. Ces 2 textes devraient rentrer en application début 2011[1].

- La France est un pays particulièrement consommateur de pesticides puisqu'elle se place au premier rang européen en tonnage. Après une tendance à la baisse des quantités totales de substances actives vendues en France depuis les années 2000, les années 2007 et 2008 enregistrent une hausse. En Rhône-Alpes, l'agriculture et l'agroalimentaire ont un faible poids dans l'économie, néanmoins avec un chiffre d'affaires de 3,3 milliards d'euros en 2007, Rhône-Alpes est la 4ème région agricole française. L'arboriculture fruitière et la viticulture sont deux cultures qui caractérisent la région, avec la présence de deux grandes zones de vignoble, que sont le Beaujolais et les Côtes du Rhône, et des productions importantes de fruits à noyaux. Plus de la moitié de la production nationale d'abricots est réalisée dans la Drôme. L'ensemble des plaines de la région fait l'objet de maraîchage et/ou de cultures de céréales.

- Si les eaux souterraines et les eaux superficielles font l'objet de suivi régulier vis-à-vis des substances phytosanitaires depuis plusieurs années, le compartiment atmosphérique, lui, est resté longtemps peu étudié, notamment en raison de l'absence de réglementation. Les premières mesures réalisées par les associations de surveillance de la qualité de l'air sur le territoire national ont ainsi eu lieu en 2000 dans le but d'établir des premiers états des lieux des pesticides dans l'atmosphère. Les mesures se sont ensuite intensifiées, et à l'heure actuelle, très peu de régions n'ont pas fait l'objet d'évaluation de la présence de phytosanitaires dans l'air ambiant. En effet, afin de répondre aux interrogations de la population et de mieux documenter les risques pour la santé humaine, la connaissance des expositions est indispensable. Elle passe notamment par la connaissance de la contamination des différents milieux, et donc de l'air.

- Au niveau national, l'année 2009 a été marquée par une légère baisse des ventes de substances phytosanitaires après 2 années de hausse, en lien avec une pression parasitaire significativement plus faible que l'année précédente et une protection des cultures de plus en plus raisonnée ; à noter une hausse toutefois des ventes d'insecticides[2].

[1] Source : Communiqué du 13/01/09 du Ministère de l'agriculture et de la Pêche.
[2] Source : Union des Industries de Protection des Plantes www.uipp.org

1. INTRODUCTION

En région Rhône-Alpes, un programme d'évaluation de la présence des phytosanitaires dans l'air a été mis en place par les associations de surveillance de la qualité de l'air sur 7 sites différents en 3 ans. Ce programme s'inscrit également dans le cadre de l'action 36 du premier Plan Régional Santé Environnement de Rhône-Alpes (2006-2010) : *« Organiser l'exploitation des données existantes pour estimer l'exposition de la population aux pesticides ».* Les données recueillies permettront de réaliser un premier état des lieux dans la région, en comparaison des résultats obtenus par ailleurs au niveau national. Durant les deux premières années de mesure, les résultats ont d'ores et déjà mis en évidence plusieurs éléments.

Ainsi, sur chaque site, une grande diversité de substances a été retrouvée au moins une fois dans l'année. Néanmoins, l'influence des cultures de proximité est nette, notamment en termes de concentrations maximales, avec les niveaux les plus élevés observés pour des substances utilisées sur les cultures étudiées. Par ailleurs, certaines substances sont quasiment omniprésentes.
Enfin, la période d'avril à octobre, qui est également la période où les traitements sont les plus fréquents, est celle où le plus grand nombre de substances sont mesurées dans l'air. La plupart des substances ne sont donc pas persistantes dans l'air.

La réalisation de cette troisième année de mesures permettra de compléter les résultats précédents et de clore le premier bilan de la contamination de l'air ambiant de la région Rhône-Alpes par les pesticides.

Le présent rapport se compose de deux parties distinctes : la présentation de la méthodologie et la présentation des résultats.

2. METHODOLOGIE

2.1. Les sites de mesure

Les sites de mesure de ce 3ème volet ont été choisis en complémentarité avec les sites déjà évalués lors des deux années précédentes et afin de sonder des secteurs présentant des caractéristiques différentes. Deux sites ont été sondés :

→ L'un en zone d'arboriculture (pommes principalement) dans le parc naturel régional du Pilat. En effet, selon l'expertise menée par l'INRA et le CEMAGREF en 2005[3], le verger de pommier est celui qui reçoit le plus de traitement. En 1997, il recevait en moyenne 17,6 traitements fongicides et 10,5 traitements insecticides/acaricides par an. Un secteur d'arboriculture (abricots/pêches) avait été évalué lors du premier volet.

→ L'un en zone éloignée des cultures, dans le parc national des Ecrins.

La figure suivante présente l'ensemble des 7 sites des 3 ans de mesures. L'emplacement de ces sites peut être mis en relation avec la carte de pression phytosanitaire à l'échelle de la Petite Région Agricole établie en 2008 par la Cellule Régionale d'Observation et de Prévention des Pollutions par les Phytosanitaires[4] de Rhône-Alpes (cf. Figure 1).
Différentes cultures et intensités de pression phytosanitaire ont ainsi été évaluées.

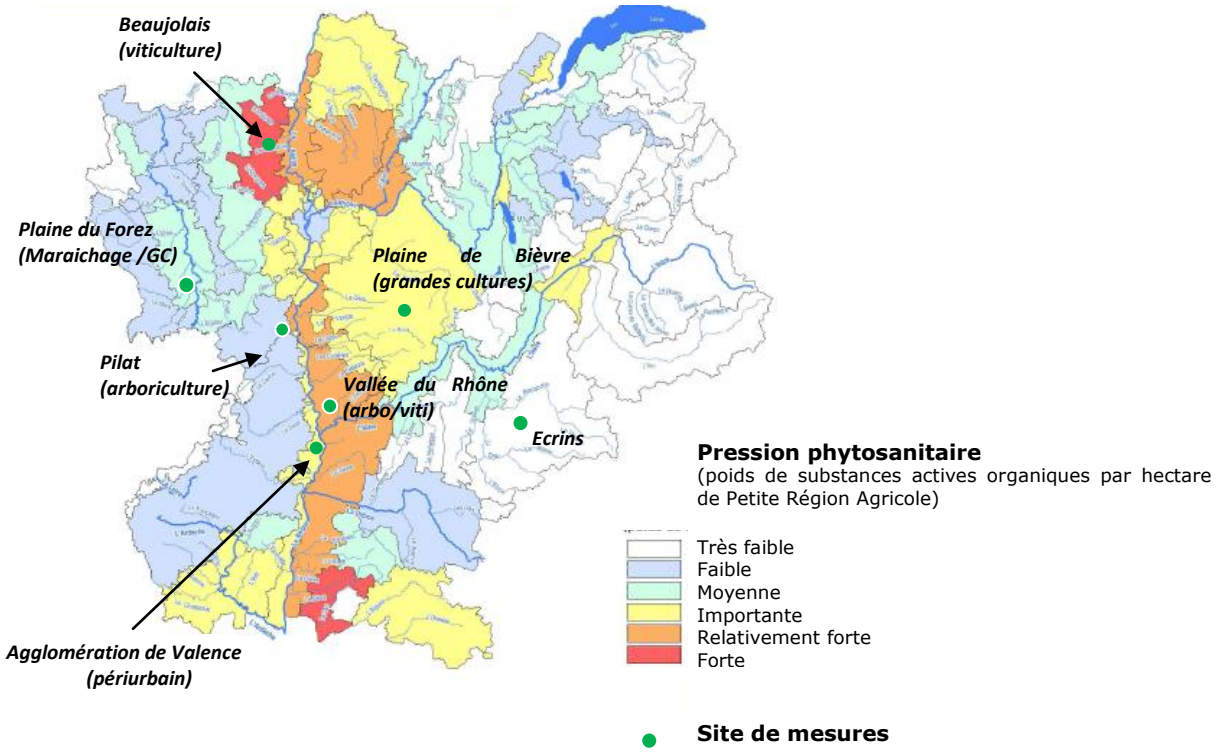


Figure 1 Carte de pression phytosanitaire en Rhône-Alpes et localisation des sites de mesure
Extrait de DIREN (2008) Révision des zones prioritaires pesticides sur la région Rhône-Alpes – Etape de délimitation des zones sensibles

[3] INRA, CEMAGREF – Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux
[4] www.croppp.org

→ 1 site en zone d'arboriculture (pommes) dans le Pilat

Le canton de Pélussin dans la Loire a été retenu pour effectuer les mesures. Ce dernier est le second de Rhône-Alpes en termes de superficie de pommiers, après celui de Roussillon (Isère). Ce canton se trouve au sein du parc naturel régional du Pilat.

Du fait de ce positionnement spécifique dans un parc naturel régional, la plupart des producteurs pratiquent l'agriculture intégrée. Cette dernière se situe entre l'agriculture raisonnée et l'agriculture biologique. Dans le secteur, la lutte par confusion sexuelle a été mise en place contre le carpocapse (principal ravageur des pommes) afin de réduire l'utilisation d'insecticides chimiques.

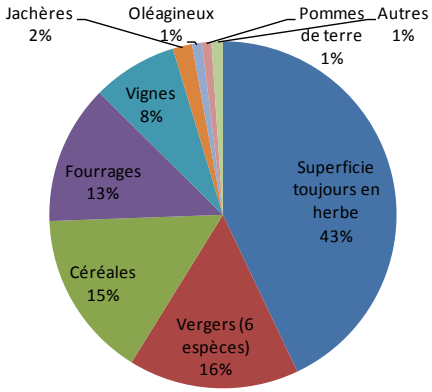


Figure 2 Utilisation de la surface agricole sur le canton de Pélussin (42)
Source : Recensement agricole 2000, Agreste

Le site de mesures a été installé au centre du village de Maclas. Cette commune de 1300 habitants possède la plus grande superficie de vergers du canton de Pélussin. Les vergers y représentent environ 50% de la superficie agricole utilisée, c'est pourquoi ce lieu a été retenu pour l'étude. En outre, cette commune représente 25 % de la surface de vergers du canton et seulement 5% de la superficie de céréales.
L'occupation du sol dans le secteur du site est présentée en annexe 2.

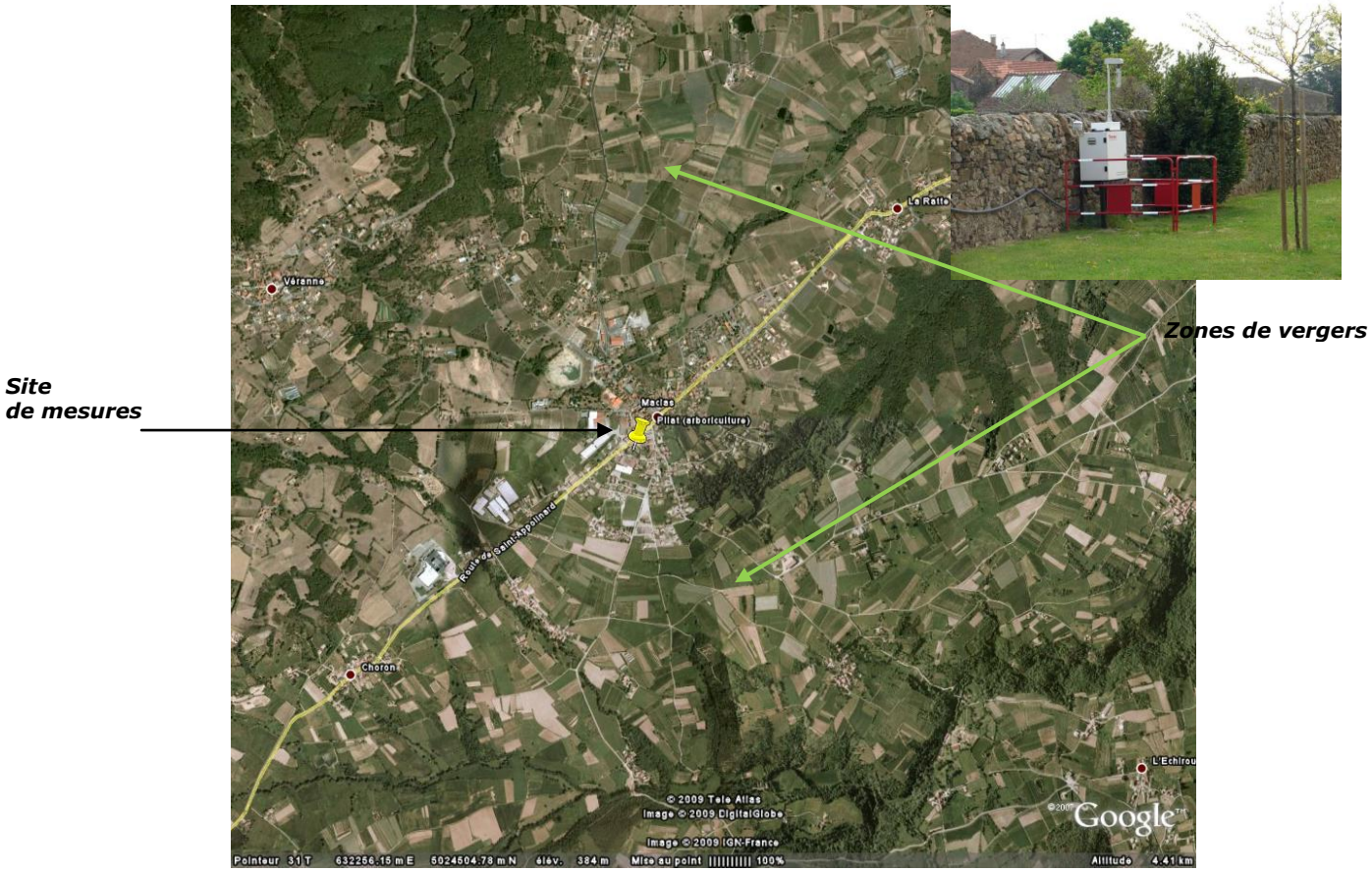


Figure 3 Localisation du point de mesure dans le Pilat

De même que pour la série de mesures réalisée en 2007-2008, le choix a été fait de réaliser les mesures proches des habitations, plutôt qu'en proximité directe des parcelles, le site a donc été placé au centre du village. Les premières parcelles sont situées à 250 mètres environ, cependant les zones principales de vergers sont situées à 500 mètres et plus.

→ 1 site en zone naturelle dans le parc des Ecrins

Le site a été installé au col d'Ornon, au sud-est de Grenoble. Ce col est situé sur la commune de Chantelouve à 1370 m d'altitude. Il est à la limite des cantons de Bourg d'Oisans au nord, et Valbonnais au sud. Dans ces deux cantons, 97% de la superficie agricole utilisée est répartie entre les fourrages et la surface en herbe. Environ 3% de la superficie est utilisée pour la culture des céréales et un hectare de vigne est recensé sur le canton de Valbonnais.
Sur la commune de Chantelouve, aucune culture de céréales ou de vignes n'apparait au recensement agricole.

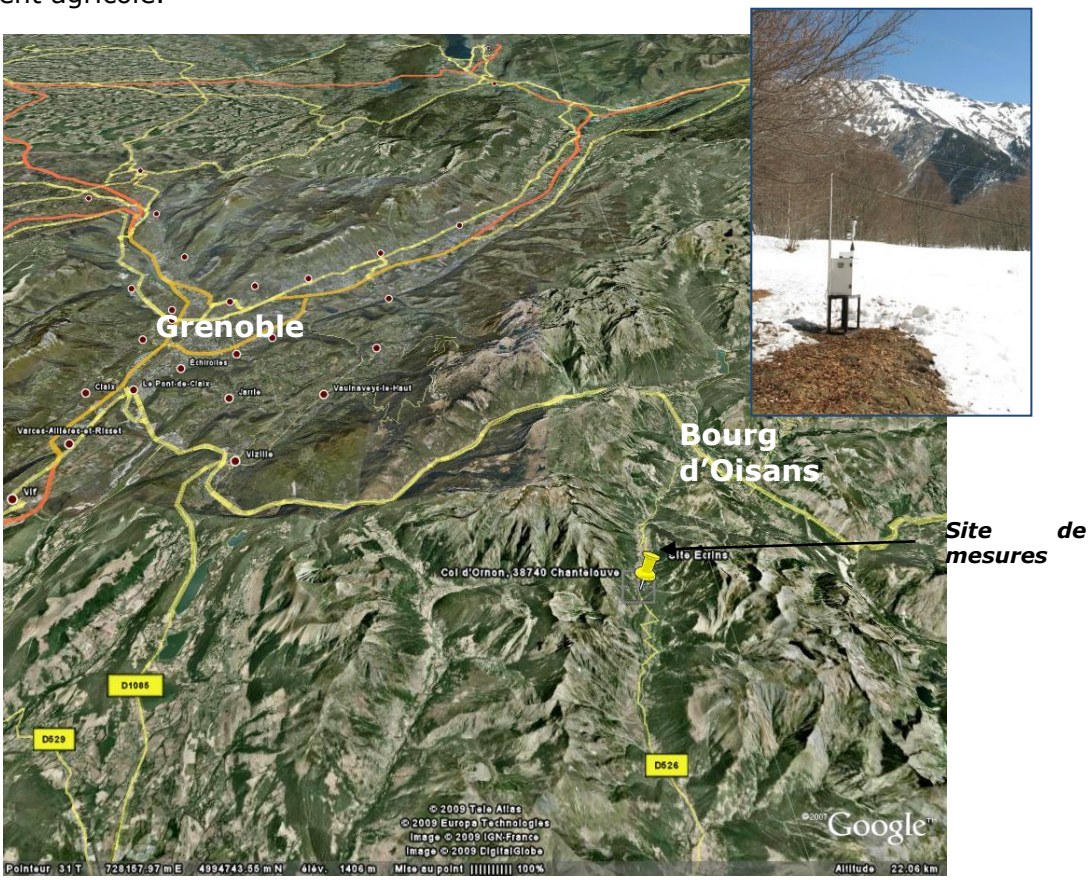


Figure 4 Localisation du point de mesure dans le parc des Ecrins

Le choix d'un site de mesures dans un secteur éloigné des zones cultivées a été retenu afin d'évaluer le transport et la persistance des pesticides dans l'air.

2.2. Les substances recherchées

En 2007, une liste de substances actives à rechercher dans les prélèvements avait été établie en fonction de différents critères :

→ Substances utilisées sur les cultures principales du secteur, transmises par le Service Régional de Protection des Végétaux (SRPV)

→ Substances préconisées dans un travail national de hiérarchisation[5],

→ Substances recherchées par les autres AASQA[6],

La liste de substances a été amendée lors des deux séries de mesures suivantes en fonction des listes fournies par le SRPV pour les secteurs d'étude, des possibilités d'analyse et des résultats obtenus par d'autres AASQA.
Pour ce dernier volet de mesures, 85 substances au total ont été recherchées dans les prélèvements, soit 9 de plus que le premier volet. Il a été décidé de ne pas retirer de substances de la liste avant la fin des 3 volets de mesure afin de réaliser un bilan complet.

La liste détaillée des substances est présentée dans le tableau 1. La Figure 5 présente la répartition des trois familles principales de pesticides dans les substances recherchées. Il faut noter que certaines substances très utilisées, comme le glyphosate, les produits soufrés et cuivrés, n'ont pu être incluses dans cette liste en raison des limites techniques du laboratoire d'analyse. Parmi les substances recherchées, certaines sont interdites depuis plusieurs années, d'autres comme la trifluraline, largement retrouvée les années précédentes, ne sont plus utilisables depuis 2009 seulement.

2,4 D	chlorothalonil	Diméthomorphe I et II	flazasulfuron	**métolachlore**	pyrimicarbe
Aclonifen	chlorpyriphos-éthyl	dinocap*	flufenoxuron	oryzalin	**simazine**
acétochlore	chlortoluron	dithianon	flusilazole	oxadiazon	spiroxamine
alachlore*	cymoxanil	diuron*	folpel	oxydéméthon-méthyl	tau-fluvalinate
alphaméthrine	cyproconazole	doguadine	hexaconazole	**parathion-méthyl**	tébuconazole
atrazine	cyprodinil	endosulfan*	iprodione	pendiméthaline	**tébutame**
azinphos-méthyl*	deltaméthrine	époxiconazole	isoproturon	phosalone	**terbuthylazine**
azoxystrobine	diazinon	éthoprophos	krésoxim-méthyl	phosmet	thirame
bifenthrine	dichlorvos*	**fénitrothion**	lambda-cyhalothrine	procymidone*	trifluraline*
bupirimate	dichlobenil	**fénoxaprop-ethyle**	**lindane**	propachlore	tolyfluanide*
captane	difénoconazole	fénoxycarbe	linuron	propargite	vinchlozoline*
carbaryl	diflufénicanil	fenpropidine	malathion	propyzamide	zirame
carbofuran*	**diméthénamide**	fenpropimorphe	mercaptodiméthur	pyriméthanil	**dérivés du DDT**
			métazachlore		

Remarques : En gras substances interdites (au moment de l'étude),
** : substances dont l'AMM a été retirée au 1er février 2008 (utilisation autorisée jusqu'au 31/12/2008, sauf dinocap jusqu'au 31/12/2009)*

Tableau 1 Liste des substances recherchées

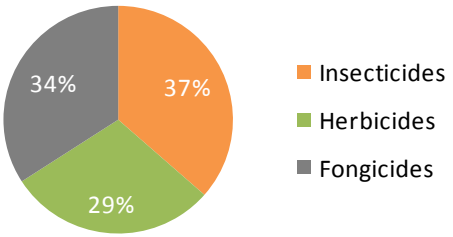


Figure 5 Répartition des substances recherchées par famille

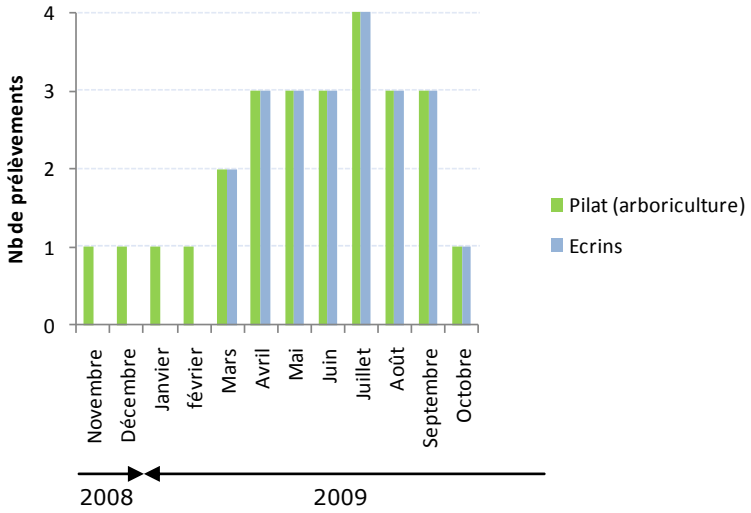
[5] INERIS (2005) Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation
[6] Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

2.3. Les périodes de mesure

Les directives européennes sur la qualité de l'air imposent un minimum de 14% de mesures dans l'année afin d'effectuer des mesures indicatives représentatives d'une année, comparables aux valeurs réglementaires des polluants mesurés en routine par les associations de surveillance de la qualité de l'air (NO_x, SO_2, PM_{10}, O_3, Benzène). Cependant, les produits phytosanitaires ne sont pas soumis à une réglementation dans l'air ambiant.

Les travaux précédents montrent que la période d'avril à octobre est la plus concernée par la présence de produits phytosanitaires, toutefois des substances peuvent être détectées quasiment tout au long de l'année.

Pour ce dernier volet, la même configuration que l'année précédente a été conservée : des prélèvements d'une semaine répartis sur toute l'année en privilégiant les périodes de traitement des cultures par les produits phytosanitaires (cf. Figure 6).



Sur le site des Ecrins, compte tenu de l'enneigement et des températures hivernales, la période de mesures a été réduite d'avril à octobre.

Figure 6 Calendrier prévisionnel des prélèvements

2.4. Les méthodes de prélèvement et d'analyse des substances

Depuis septembre 2007, le dosage des substances phytosanitaires dans l'air ambiant fait l'objet de deux normes AFNOR concernant respectivement le prélèvement et l'analyse[7].

Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un préleveur bas débit (Partisol). L'air, aspiré pendant 1 semaine à un débit fixé à 1 $m^3.h^{-1}$, passe à travers successivement un filtre puis une mousse, qui permettent de piéger respectivement les phases particulaire et gazeuse des substances. Une tête de coupure est mise en place sur le préleveur afin de ne capter que les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM_{10}). De par leur faible taille, ces particules peuvent pénétrer dans l'appareil respiratoire humain.

Mousse et filtre sont ensuite analysés en laboratoire afin de quantifier la masse de substance prélevée. Le volume prélevé étant connu, la concentration moyenne de la substance dans l'air en est ainsi déduite.

[7] AFNOR. Norme XP X 43-058. Air ambiant. Dosage des substances phytosanitaires (pesticides) dans l'air ambiant. Prélèvement actif. Septembre 2007
AFNOR. Norme XP X 43-059. Air ambiant. Dosage des substances phytosanitaires (pesticides) dans l'air ambiant. Préparation des supports de collecte – Analyse par méthodes chromatographiques. Septembre 2007.

Ce principe tout à fait simple présente toutefois des limites, qu'il est nécessaire de connaître pour bien interpréter les résultats :

>> La méthode de prélèvement est plus ou moins bien adaptée selon la molécule visée.

Plusieurs tests peuvent être réalisés pour déterminer, pour chaque substance, la capacité de rétention et la capacité de prélèvement qui permettent de donner une indication de la qualité de la mesure.
La capacité de rétention est déterminée en ensemençant un filtre et en calculant, après prélèvement, la quantité résiduelle sur filtre et mousse après prélèvement par rapport à la quantité initiale. La capacité de rétention doit être comprise entre 60 et 120%.
La capacité de prélèvement est déterminée en utilisant deux mousses en série, la concentration mesurée sur la deuxième mousse sert à estimer la capacité de prélèvement.

Certains composés, très volatils, comme le lindane et la trifluraline, présentent des capacités de rétention faibles. Les concentrations de ces substances sont donc sous-estimées. L'INERIS a testé une liste de substances couramment recherchées par les AASQA[8]. Certaines molécules comme la fenpropidine, l'azoxystrobine, le diméthénamide, le tébutame et la vinchlozoline présentent des mauvaises capacités de prélèvement.

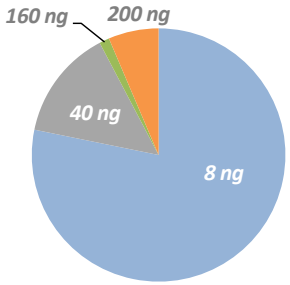
>> Le rendement d'extraction dépend de la molécule recherchée.

Après avoir été piégées sur filtre et mousse, les substances doivent être extraites à l'aide d'un solvant en laboratoire.

Le « rendement d'extraction » moyen de chaque substance est déterminé par le laboratoire, par l'intermédiaire d'essais sur des mousses préalablement ensemencées à une concentration fixe de la substance. Le rendement de la substance doit être compris entre 60 et 120 %. L'annexe 5 présente les rendements d'extraction fournis par le laboratoire pour chaque substance. Quelques molécules présentent des rendements inférieurs à 60%, les résultats seront sous-estimés.

>> Les limites de détection sont sensiblement différentes d'une molécule à l'autre.

Selon la molécule mesurée, la limite de détection varie de 8 à 200 ng par échantillon (cf. Figure 7). Ainsi, pour un même niveau de concentration dans l'air, une molécule pourra être détectée ou non. L'information sur la présence ou non d'une molécule dans l'air est donc en partie conditionnée par ce paramètre.



La liste détaillée des limites de détection et de quantification est présentée en annexe 6.

C'est à partir de la qualité de ces paramètres analytiques que le laboratoire d'analyse a été choisi ainsi que sur la garantie des méthodes normatives utilisées, justifiée par l'accréditation COFRAC sur ces composés.

Figure 7 Répartition des limites de détection (en ng/échantillon)

[8] INERIS (2006) Mesure des pesticides dans l'air ambiant

Limite de détection et limite de quantification :

La limite de détection (LD), exprimée en nanogrammes, est la plus petite quantité observable dans un échantillon donné.

La limite de quantification (LQ), exprimée en nanogrammes, est une valeur en dessous de laquelle il n'est pas possible de quantifier avec une incertitude acceptable. Cette valeur est supérieure à la limite de détection.

Trois blancs par site, répartis pendant la période de mesure, ont été réalisés sur l'ensemble des mesures. Selon la norme XP-X43-059, les blancs ont été réalisés en mettant en place le matériel dans l'appareil puis en le retirant et en le ré-emballant immédiatement.

Des traces de trifluraline ont été découvertes sur les blancs réalisés au mois d'avril sur les deux sites. Les niveaux de blancs n'ont pas été déduits des résultats de prélèvement.

>> Les concentrations proches de la limite de quantification nécessitent d'être interprétées avec la plus grande précaution, notamment les niveaux de trifluraline.

3. RESULTATS

Les résultats sont présentés dans un premier temps par secteur, puis une analyse commune des deux sites est réalisée.

2.1. La zone arboricole du Pilat

a) Eléments techniques et contexte météorologique

Un problème technique est survenu sur ce site lors du prélèvement du 11 au 18 mai 2009. Au total, 25 prélèvements sont disponibles sur le site ***Pilat (arboriculture)*** pour la totalité de la période, soit une couverture temporelle d'environ 50% de l'année.

Les conditions météorologiques ont une influence sur les résultats obtenus :

→ d'une part, pendant les prélèvements, en favorisant plus ou moins la dispersion ou la volatilisation des pesticides,

→ d'autre part, de manière globale sur l'année, en déterminant l'utilisation plus ou moins importante des produits phytosanitaires. L'humidité, par exemple, peut favoriser le développement des maladies et déclencher l'usage de phytosanitaires.

De manière générale, l'humidité élevée, comme en 2008, est favorable au développement des maladies et à l'utilisation de fongicides. Les conditions de l'année 2009 ont été plutôt chaudes et sèches. Dans ce cas, le recours aux insecticides est a priori plus important que celui aux fongicides pour les cultures fruitières.
Concernant le secteur du Pilat, suite à deux années sensibles à la tavelure[9], les traitements fongicides en début de saison 2009 (mars à début juin) n'ont pas été réduits afin de prévenir la première contamination. Par ailleurs, la lutte par confusion sexuelle mise en œuvre contre le carpocapse[10] permet de diminuer la quantité de substances chimiques insecticides.
Enfin, il faut noter que le secteur de Maclas est relativement venté, ce qui favorise la dispersion des substances émises dans l'atmosphère. La vitesse du vent moyenne annuelle est d'environ 3 $m.s^{-1}$ contre environ 1 $m.s^{-1}$ à Saint Etienne et 2 $m.s^{-1}$ à Valence.

La figure suivante permet de visualiser les conditions de précipitations et d'humidité relative en 2009 comparativement aux autres années.

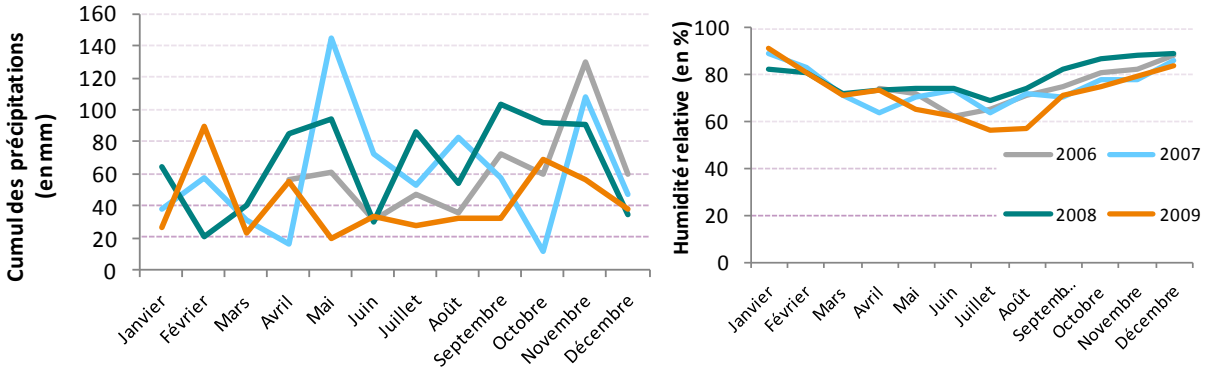


Figure 8 Cumul des précipitations (en mm) et humidité relative (en %)
Données Météo-France Bessey

[9] La tavelure est la principale maladie du pommier, elle est causée par un champignon. Elle peut réduire significativement la qualité et la production des fruits.
[10] Le carpocapse des pommes et des poires est un insecte de l'ordre des lépidoptères, dont la larve se développe à l'intérieur des fruits. Ce ravageur des fruits à pépins ou à noyau cause des dégâts importants notamment pendant les étés chauds et humides.

b) Panorama des substances retrouvées sur le site

→ *en termes de fréquence de quantification*

La Figure 9 présente les fréquences de quantification des substances quantifiées au moins une fois sur le site.

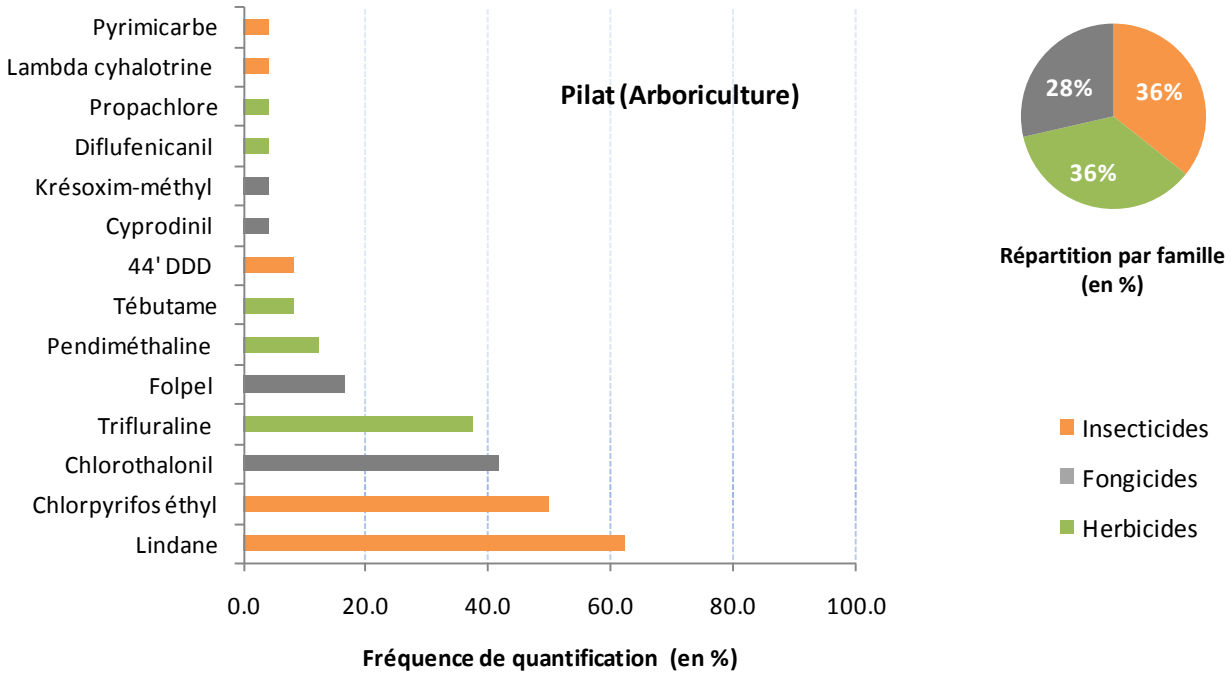


Figure 9 Répartition par famille et classement par fréquence de quantification des substances quantifiées au moins une fois sur le site Pilat (arboriculture)

14 substances sur les 85 recherchées ont été quantifiées au moins une fois, ces substances sont réparties de manière quasiment équivalente entre les 3 familles.

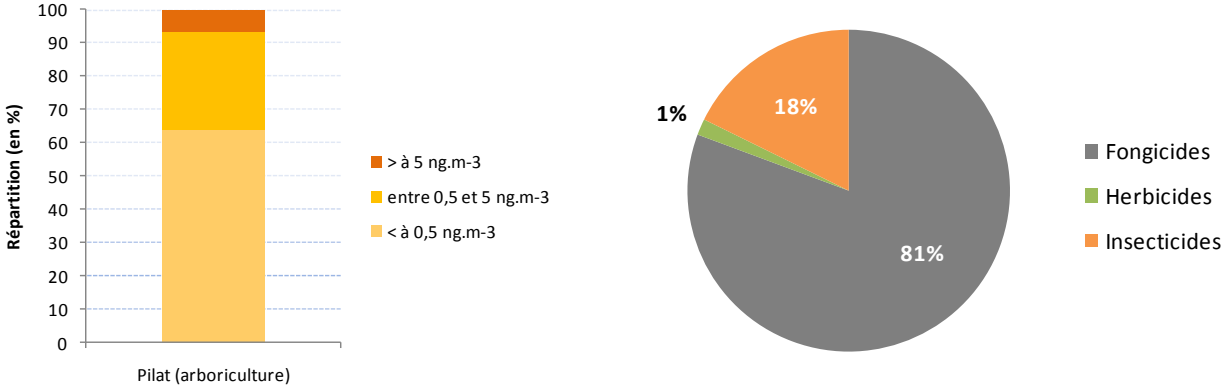
Le **lindane**, insecticide interdit depuis 1998, est le pesticide le plus fréquemment retrouvé sur le site. Ce pesticide était auparavant utilisé sur de nombreuses cultures, il a également été utilisé comme produit de traitement du bois jusqu'en 2006. Cette substance est quantifiée sur chaque site sondé en Rhône-Alpes. Ce résultat étonnant à première vue est semblable à toutes les mesures de ce composé réalisées par les associations de surveillance de la qualité de l'air depuis 2000 sur les autres régions du territoire national. Sa présence est principalement attribuée à une re-volatilisation depuis les sols ou les boiseries, ou à des apports d'autres pays. En effet, sa persistance dans les sols est grande, trente à quarante ans dans les sols agricoles européens habituels ; elle l'est également dans l'air : plus de 17 semaines.

Seules 4 substances sont quantifiées dans plus d'un tiers des prélèvements. Ces substances : **lindane, chlorpyriphos-éthyl, chlorothalonil et trifluraline** font partie des substances les plus fréquemment quantifiées sur les sites de la région Rhône-Alpes.

Concernant la trifluraline, il faut noter toutefois que 2008 représente sa dernière année d'utilisation autorisée. Les fréquences de quantification de cette substance devraient tendre vers une diminution progressive.

→ *en termes de niveaux mesurés*

La Figure 10 présente la répartition des concentrations supérieures à la limite de quantification ainsi que la contribution des trois familles de substances à la charge globale en pesticides mesurés.



A noter : la charge globale est calculée en sommant l'ensemble des concentrations supérieures à la limite de quantification

Figure 10 Répartition des concentrations supérieures à la limite de quantification sur le site Pilat (arboriculture) et contribution de chaque famille à la charge globale

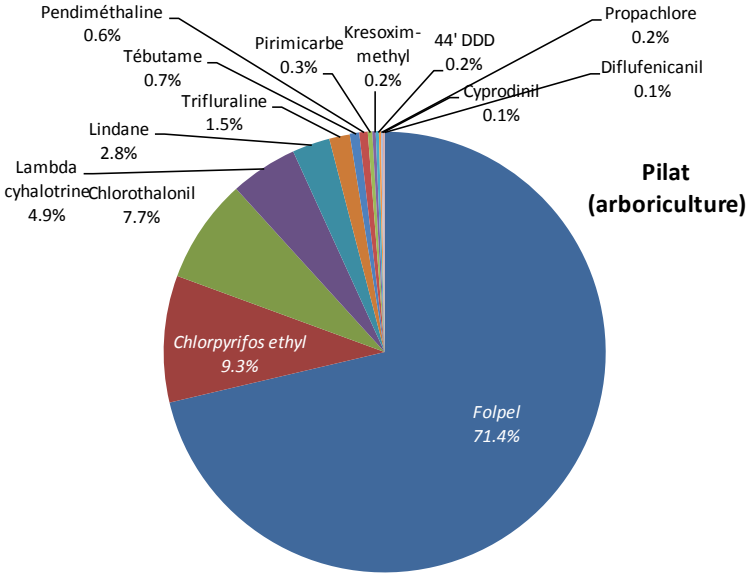


Figure 11 Contribution des substances à la charge globale en pesticides sur le site Pilat (arboriculture)

La majorité des concentrations mesurées sont faibles sur le site de mesure. La concentration maximale a été observée la première semaine de juillet pour le **folpel** avec une valeur égale à 53,5 ng.m^{-3}. Bien qu'il soit peu fréquemment quantifié, compte tenu de ses concentrations élevées, ce composé contribue pour environ 70% à la charge globale[11] de pesticides sur ce site. Ce fongicide, très utilisé contre le mildiou sur la vigne, est également autorisé contre la tavelure sur les pommiers. Toutefois, cet usage semble très peu répandu dans le secteur du site de mesures.
Le deuxième composé est le **chlorpyriphos-éthyl**, un insecticide autorisé sur les arbres fruitiers et la vigne.

[11] La charge globale est calculée en sommant toutes les concentrations supérieures à la limite de quantification.

c) Mise en évidence des relations avec les cultures environnantes et les périodes de traitement

→ *Croisement avec les molécules utilisées sur le secteur d'étude*

Parmi les 85 molécules mesurées, certaines sont identifiées par le Service Régional de Protection des Végétaux comme des substances utilisées en arboriculture dans le secteur du Pilat. D'autres sont des substances interdites de longue date comme le DDT, ou plus récemment comme la trifluraline. Enfin le reste des autres substances sont soit autorisées uniquement sur d'autres cultures, soit autorisées en arboriculture mais non identifiées comme utilisées sur le secteur.

Parmi les molécules quantifiées dans l'air sur le site Pilat (arboriculture),

- Les **herbicides** retrouvés dans l'air ne sont pas recensés comme utilisés dans ce secteur pour les cultures fruitières. Les faibles concentrations relevées témoignent en effet de la provenance plus éloignée de ces composés, potentiellement les cultures de céréales du canton, même si d'autres études ont montré que la provenance peut être encore plus lointaine. Les herbicides recensés comme utilisés dans le secteur sur les pommiers[11] (2,4D, oryzalin et propyzamide) n'ont pas été retrouvés dans l'air du site de mesure.

- Parmi les **fongicides** quantifiés, le **folpel** et le **chlorothalonil** ne sont pas recensés comme utilisés dans le secteur pour les cultures de pommes et poires, bien que le folpel soit autorisé sur ce type de cultures. Le chlorothalonil est un fongicide utilisé sur les céréales, et notamment le blé. Ce composé fait partie des substances omniprésentes sur les sites de Rhône-Alpes. Le krésoxym-méthyl, le cyprodinil sont détectés et bien utilisés sur les pommiers contre l'oïdium et la tavelure.

  Il faut noter que les fongicides les plus utilisés sur les pommiers[12] (en tonnage), le **thirame** et le **captane,** n'ont pas été quantifiés dans l'air du site de mesure. Le thirame présente un rendement d'extraction faible (cf. annexe 5), ce qui peut engendrer une sous-estimation.

- Les **insecticides** retrouvés sont bien recensés dans les utilisations sur les pommiers du canton de Pélussin (**chlorpyriphos-éthyl, pyrimicarbe** et **lambda-cyhalothrine).**
  Le lindane et le 4,4 DDD sont interdits, leur présence dans l'air n'est pas spécifique au site de mesure.

→ *Croisement avec les périodes de traitement*

La Figure 12 présente l'évolution des cumuls de concentrations pour chaque famille de substances. Chaque famille présente une évolution différente, cohérente avec les périodes de traitement.

Les herbicides sont plutôt présents en début de saison, la trifluraline est ainsi quantifiée à partir de début mars, la pendiméthaline au mois de mai.
Les insecticides, et notamment le chlorpyriphos-éthyl, sont présents de mai à fin août.
La période de présence des fongicides est la plus restreinte. En revanche, les concentrations de folpel de mai à début juillet sont nettement supérieures aux autres substances retrouvées dans l'air du secteur. Cette substance est probablement liée au traitement contre le mildiou des vignes du canton.

[12] Parmi les 85 de la liste d'analyse

De la même manière que sur les autres sites de Rhône-Alpes, les mois de janvier et février sont les moins concernés par la présence de pesticides dans l'air. De septembre à mai, les concentrations de pesticides mesurées dans l'air sont quasiment toujours inférieures à 0,5 ng.m^{-3}.

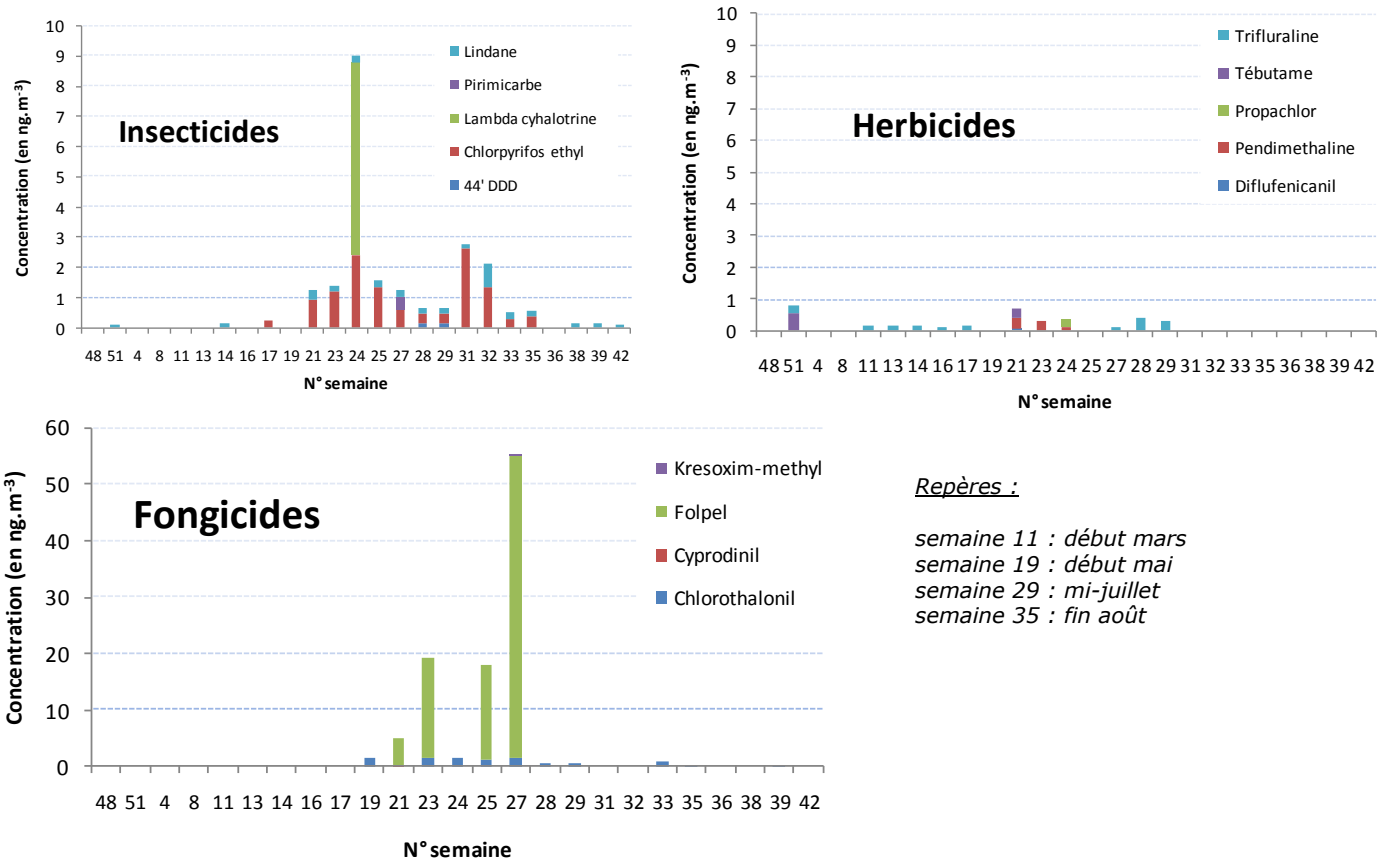


Figure 12 Evolution des concentrations des différentes substances par famille
(Attention : l'échelle est différente pour les fongicides)

L'analyse des périodes de présence pour chaque substance permet d'identifier avec plus ou moins de certitude leur provenance en fonction des cultures. Ainsi, la lambda-cyhalotrine et le pyrimicarbe sont retrouvés ponctuellement (cf.

Figure 12). Compte tenu de la date de détection de la lambda-cyhalothrine, il semblerait que sa présence ne soit pas liée à une utilisation sur pommiers. En effet, cette substance est plutôt utilisée en début de saison car elle est ensuite nuisible aux insectes auxiliaires pour la lutte contre les ravageurs. Cette substance pourrait provenir du traitement d'un autre type de vergers ou d'un emploi dans les jardins près du site de mesure. Effectivement, cette substance est vendue en magasin dans un produit anti-pucerons foudroyant pour toutes fleurs, fruitiers et légumes. Compte tenu des résultats obtenus par ailleurs, l'hypothèse d'une source très locale est privilégiée.

d) Comparaison avec les autres études en zone arboricole

Des mesures ont été réalisées dans d'autres zones arboricoles du territoire national par les associations de surveillance locales : dans le Maine et Loire en 2007[13], en Midi-Pyrénées en 2005[14] et en Poitou-Charentes en 2008[15].

[13] Air Pays de la Loire (2008) Mesures de produits phytosanitaires dans l'air en zone arboricole et en milieu urbain – Campagne de mesure printemps-été 2007
[14] ORAMIP (2005) Evaluation des concentrations en phytosanitaires en secteur arboricole
[15] ATMO Poitou Charentes (2009) Etude des phytosanitaires dans l'air en zone de vergers – Campagne 2008

Les comparaisons entre les différentes études sont délicates, compte tenu des nombreux facteurs influençant les concentrations dans l'air : distances aux cultures, conditions météorologiques, pression parasitaire, durée de prélèvement, …

Comparativement à ces études, le **chlorpyriphos-éthyl** est effectivement l'insecticide le plus souvent détecté dans ces secteurs. Il est parfois quantifié dans l'air à des niveaux de plusieurs dizaines de nanogrammes par mètre cube. Les concentrations relevées sur le site **Pilat (arboriculture)** sont plutôt inférieures.

La différence notable en comparaison des autres sites est l'absence de quantification du **captane** dans l'air. Ce fongicide, très utilisé sur les cultures de pommiers, est présent dans l'ensemble des autres études. En 2005, en Midi-Pyrénées, une concentration d'environ 2500 $ng.m^{-3}$ sur une heure avait été relevée à proximité de parcelle sur une heure pendant un traitement. L'étude menée par ATMO Poitou-Charentes en 2008 montre des différences importantes entre 2 sites d'une même commune, respectivement situé près de la zone de vergers et dans le centre bourg.
Concernant le site Pilat (Arboriculture), plusieurs hypothèses pourraient expliquer l'absence de détection du captane :

- d'une part l'éloignement du site par rapport aux cultures combiné à un secteur plutôt venté,
- d'autre part une utilisation plus faible en lien avec la pratique d'agriculture intégrée et un secteur où le développement de la tavelure est réduit par les conditions météorologiques du lieu.

e) Conclusion sur le secteur d'arboriculture dans le Pilat

Le site ***Pilat (arboriculture)*** est caractérisé en 2008-2009 par :

>> un faible nombre de substances quantifiées comparativement à celui relevé sur les sites de l'année précédente dans d'autres secteurs cultivés de la région Rhône-Alpes.

>> des niveaux de concentration mesurés relativement faibles, excepté une substance, le **folpel**. Ce composé, typique des sites viticoles de la région (vignobles du Rhône par exemple), est probablement liée à l'influence des vignes du canton.

L'influence de l'arboriculture est peu marquée sur les résultats obtenus sur le site de mesures.

2.2. Le parc des Ecrins

a) Eléments techniques et contexte météorologique

Compte tenu des conditions météorologiques, l'appareil a été installé seulement à partir du mois d'avril 2009 sur le site des Ecrins. Pendant la période de mesures, il n'y a pas eu de problème technique, 18 prélèvements d'une semaine, d'avril à septembre, sont donc disponibles sur ce site.

Les conditions météorologiques de la station du Casset[16] sont présentées ci-après. Toutefois, sur ce site des Ecrins, elles n'ont pas autant d'influence que sur les sites en proximité de cultures. L'année 2009 a connu de fortes précipitations hivernales puis un printemps/été plutôt dans les normales saisonnières.

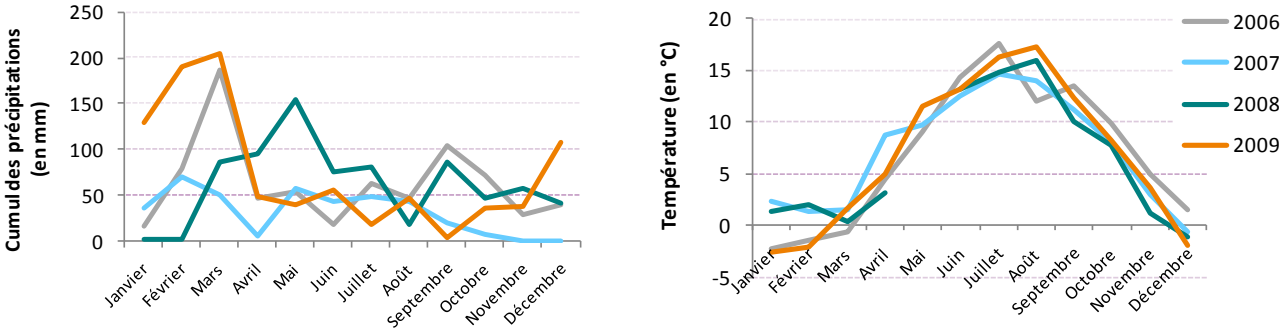


Figure 13 Cumul des précipitations (en mm) et Température (en °C)
Données météo du Casset

b) Panorama des substances retrouvées sur le site

→ *en termes de fréquence de quantification*

La Figure 14 présente les fréquences de quantification des substances présentes sur le site Ecrins.

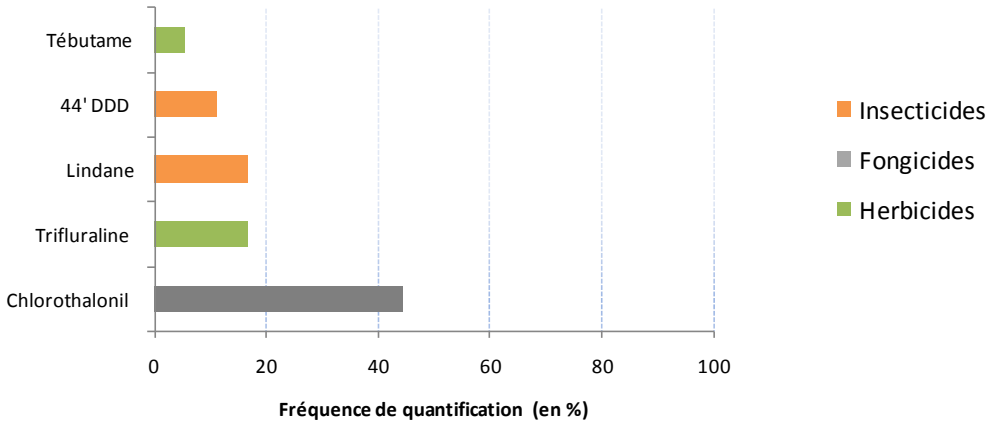


Figure 14 Classement par fréquence de quantification des substances quantifiées au moins une fois sur le site Ecrins

[16] Station météorologique d'altitude, située près des Ecrins.

Sur ce site, éloigné des cultures, 5 substances ont été quantifiées au moins une fois. Parmi ces substances, 3 sont des composés interdits de longue date et une autre, la trifluraline, était dans sa première année d'interdiction d'utilisation en 2009.

Le **chlorothalonil**, fongicide utilisé sur les céréales principalement, et autorisé également sur les cultures légumières et la vigne, est la substance retrouvée le plus fréquemment sur le site des Ecrins.

→ *en termes de niveaux mesurés*

La Figure 15 présente la répartition des concentrations mesurées.

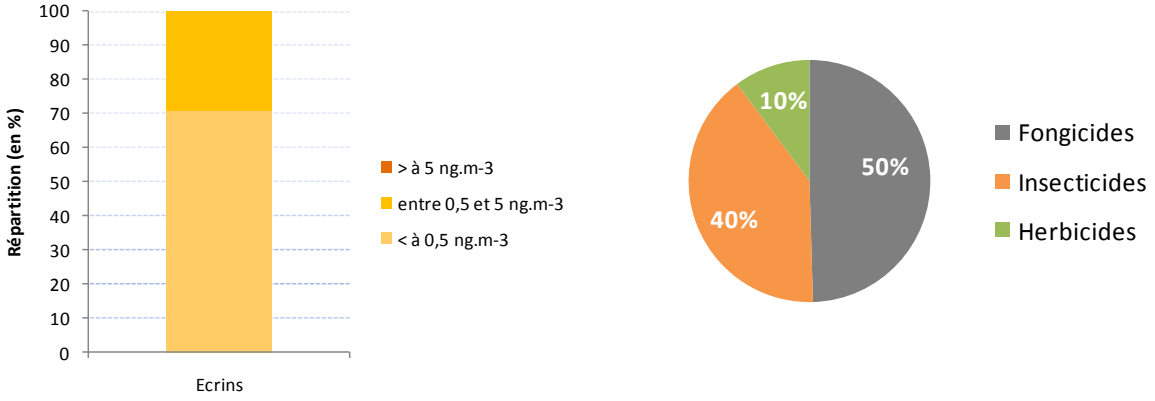


Figure 15 Répartition des concentrations supérieures à la limite de quantification et contribution de chaque famille à la charge globale sur le site Ecrins

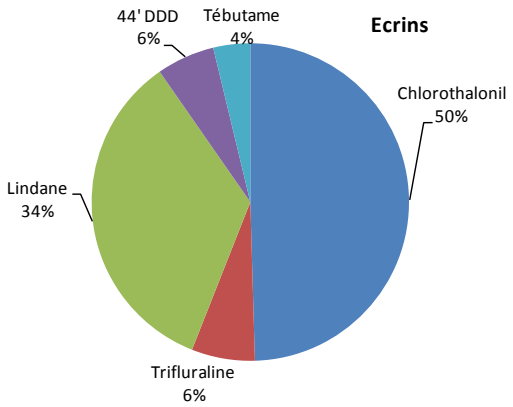


Figure 16 Contribution des substances à la charge globale sur le site Ecrins

Sur le site des Ecrins, les concentrations relevées sont faibles et reflètent l'absence de cultures à proximité. La concentration maximale observée est de 2,7 ng.m^{-3} pour le lindane du 4 au 11 août mais la substance la plus contributrice est le **chlorothalonil**, du fait de sa présence régulière. Ce fongicide, utilisé plus particulièrement en grandes cultures, est en effet régulièrement quantifié sur le site des Ecrins.

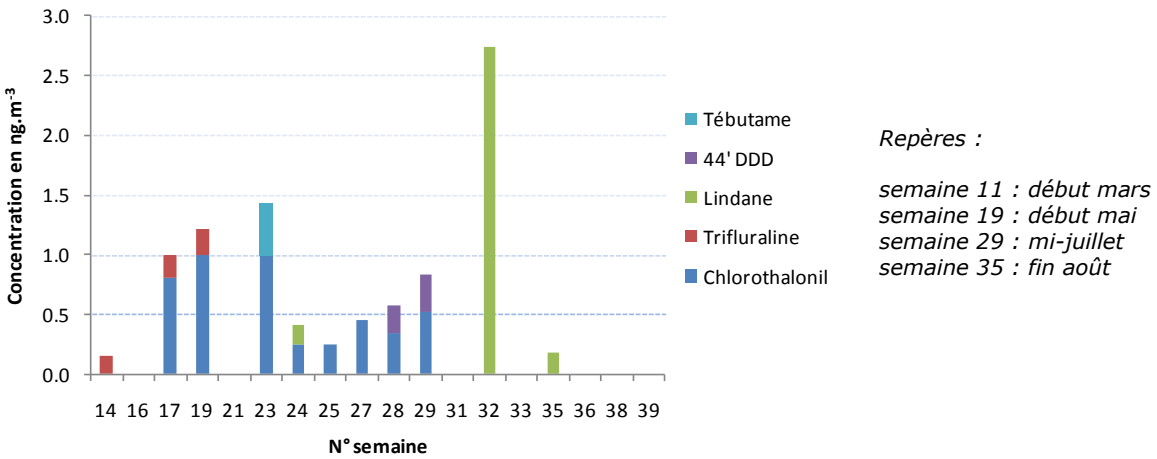


Figure 17 Evolution des concentrations sur le site Ecrins

Le site des Ecrins est bien un site de fond avec au maximum 2 substances quantifiées dans le même prélèvement et des concentrations souvent à peine plus élevées que la limite de quantification.

De mi-avril à mi-juillet, des traces de chlorothalonil sont présentes sur le site. Un « pic » de lindane est observé au mois d'août. Ce pic intervient après des précipitations non négligeables, suivies d'une période chaude. Ces conditions pourraient être favorables à une volatilisation depuis le sol. Sur le site Pilat (arboriculture), le maximum de lindane a été observé cette même semaine.

c) Comparaison avec les autres études

En 2006, ATMO Auvergne a réalisé sur la commune du Falgoux, au pied du Puy Mary dans le parc naturel des volcans d'Auvergne, des mesures de pesticides. Les résultats obtenus sur ce secteur à 1070 mètres peuvent être comparés à ceux du secteur des Ecrins.
Sur ce site, 5 substances avaient été détectées : chlorpyriphos-éthyl, tébutame, trifluraline, chlorothalonil et lindane ; ces deux derniers de manière régulière et les 3 autres une seule fois. La concentration maximale a été observée pour le chlorothalonil avec environ 4,5 ng.m^{-3}.

Les résultats obtenus sont du même ordre de grandeur sur les 2 sites de fond. Toutefois, la fréquence de quantification pour le chlorothalonil est supérieure sur le site des Ecrins. Ceci pourrait être lié à l'environnement du site à grande échelle. En effet, la région Rhône-Alpes présente une plus grande proportion de surfaces cultivées par rapport à la superficie en herbe que la région Auvergne.

d) Conclusion sur le secteur des Ecrins

Le site des Ecrins a été sondé afin d'évaluer les niveaux de fond de pesticides et documenter leur éventuel transport. Dans cette zone éloignée des cultures, seul le chlorothalonil est retrouvé régulièrement à des concentrations à peine supérieures à la limite de quantification. Cette substance fait partie, avec le folpel, des substances dont les concentrations sont les plus élevées sur les sites de Rhône-Alpes, ce qui peut expliquer qu'elle soit retrouvée sur de plus longues distances.

2.3. Analyse commune des deux sites

Les paragraphes précédents ont permis de dresser l'état des lieux sur chaque site, et de comparer les résultats obtenus avec d'autres secteurs d'étude semblables au niveau national. Par ailleurs, afin de compléter l'analyse, les résultats de chacun des deux sites peuvent être mis en perspective étant donné que les mesures ont l'intérêt d'avoir été réalisées simultanément. Cela peut être fait pour un nombre très restreint de substances au vu du faible nombre retrouvé sur le site des Ecrins.

La Figure 18 présente les résultats pour le lindane et la chlorothalonil qui sont les seules substances enregistrant des concentrations supérieures à 1 ng.m^{-3}.

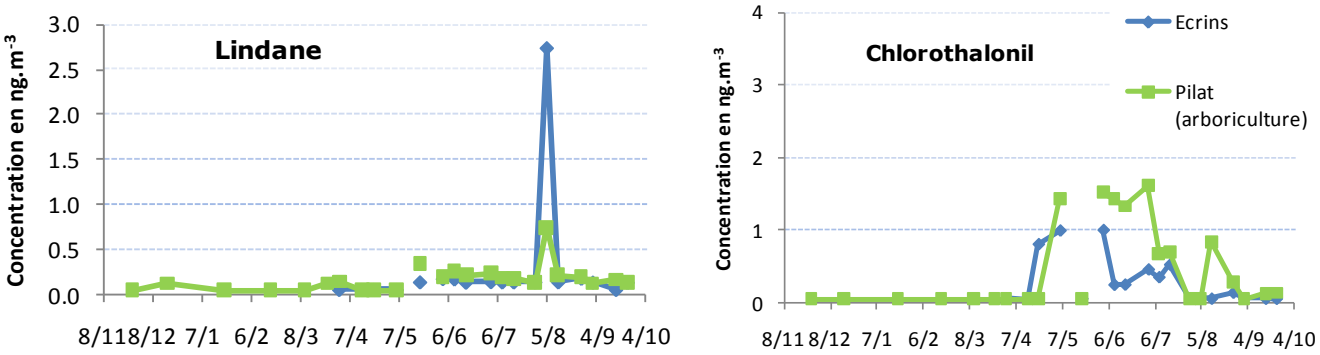


Figure 18 Comparaison de l'évolution des concentrations de lindane et de chlorothalonil sur les deux sites

Les graphiques montrent que le lindane et le chlorothalonil ont des comportements très similaires sur les 2 sites, ce qui indique des phénomènes non spécifiques.
Les plus fortes concentrations de **lindane** sont observées sur les deux sites la semaine du 4 au 11 août 2009, ces pics pourraient être liés aux conditions météorologiques : fortes précipitations suivies de températures élevées. En effet, le processus de volatilisation est favorisé par les hausses de températures, toutefois il faut au préalable que les composés soient dissous dans l'eau du sol. Cette hypothèse est très difficile à vérifier dans les conditions de cette étude.
Les concentrations de **chlorothalonil** sur les sites semblent refléter les périodes d'utilisation de la molécule. Les niveaux relevés montrent que les deux secteurs ne sont pas sous l'influence directe de la molécule mais témoignent du transport de certaines molécules. Compte tenu de l'étendue du territoire, il n'est pas possible de connaître précisément la distance des cultures les plus proches du site.

Tébutame et 4,4 DDD sont des composés interdits. Le tébutame est un herbicide interdit depuis 2003 ; le 4,4DDD est un dérivé du DDT, un insecticide organochloré, interdit dans les années 1970. Cet insecticide, largement utilisé avant son interdiction sur les cultures, est également efficace dans la lutte contre les moustiques, vecteurs du paludisme dans les pays tropicaux. En septembre 2006, l'OMS dans un communiqué de presse a soutenu l'utilisation de l'insecticide pour le traitement de l'intérieur des habitations[17]. Ce soutien était nuancé en mai 2009 lors de la convention de Stockholm sur les polluants persistants avec un objectif de réduction de 30% de son utilisation en 2014 et une disparition en 2020[18]. Le DDT, et ses dérivés, sont des composés très stables dans l'environnement.
La Figure 19 trace leur évolution sur les deux sites.

[17] Communiqué de presse de l'OMS, 15 septembre 2006
[18] Fourth Meeting of the Conference of the Parties of the Stockholm Convention. Communiqué de presse du 6 mai 2009, Genève.

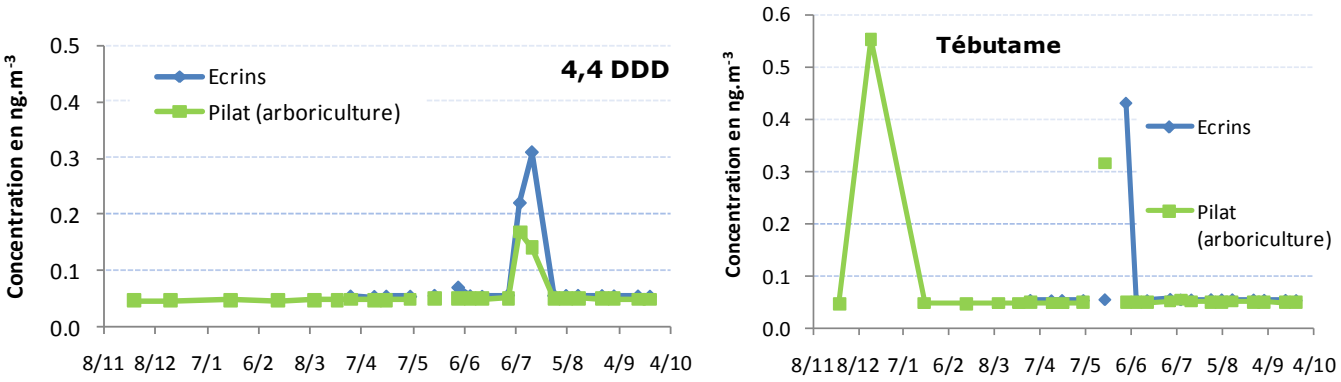


Figure 19 Comparaison de l'évolution des concentrations du 4,4DDD et du tébutame sur les deux sites

Le 4,4 DDD a été mesuré simultanément sur les deux sites à des concentrations proches de la limite de quantification. Il pourrait s'agir de conditions météorologiques propices au relargage depuis le sol, d'un apport par l'extérieur. Compte tenu des niveaux très faibles et de la simultanéité des mesures, une contamination ou un problème d'analyse ne peut pas être totalement exclu également. Le tébutame est quantifié à différentes périodes et son origine est difficile à déterminer.

Les deux sites, géographiquement éloignés, montrent des similitudes sur certaines substances : lindane, 4,4DDD et chlorothalonil, témoignant de phénomènes à grande échelle plutôt qu'une influence locale.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Ce dernier volet du programme de surveillance des pesticides avait pour objectif de compléter les secteurs et les typologies déjà étudiées depuis 2007. Il présentait la spécificité de concerner deux parcs naturels : l'un régional en secteur de cultures de pommes principalement, l'autre national en zone éloignée des cultures.

  Les mesures réalisées d'octobre 2008 à octobre 2009 sur le site Pilat (arboriculture) et d'avril à octobre 2009 sur le site des Ecrins montre que :

  → ***Le secteur du Pilat (arboriculture) est caractérisé par un faible nombre de substances quantifiées, et des niveaux de concentration relativement faibles, excepté pour le folpel.***
  Comparativement aux autres sites déjà évalués en Rhône-Alpes, le site Pilat (arboriculture) présente un nombre de substances quantifiées plus faible et des niveaux de concentrations limités. L'influence des vignobles dans le secteur est notable sur le site, avec le folpel, fongicide de la vigne, qui présente les concentrations les plus élevées. L'influence de l'arboriculture est au contraire peu marquée sur les résultats obtenus sur le site.

  Les conditions météorologiques du secteur et de l'année évaluée, ainsi que la mise en œuvre d'agriculture intégrée peuvent expliquer ces résultats.

  → ***Sur le site de fond des Ecrins, peu de substances et des niveaux très faibles sont relevés.***
  Les mesures réalisées sur le site Ecrins montrent que seul le chlorothalonil est quantifié régulièrement à des niveaux proches de la limite de quantification. Ponctuellement, quelques autres substances peuvent être détectées.
  Les résultats de ce site de fond sont similaires à ceux retrouvés sur un site dans le parc des volcans d'Auvergne.

- La réalisation de ce premier programme d'évaluation de la présence des phytosanitaires dans l'air de Rhône-Alpes a permis de dresser un état des lieux et de mettre en évidence les différences entre quelques secteurs de Rhône-Alpes, choisis pour représenter la variété des cultures. Les enseignements acquis dans ce cadre vont permettre d'orienter la stratégie de surveillance à mettre en place pour ce type de polluants sur la région. Parmi ces enseignements, on peut citer les périodes de présence des substances, celles étant les plus fréquemment détectées, la relation avec la carte de pression phytosanitaire. Par ailleurs, les interrogations soulevées, comme la variabilité spatiale à proximité des cultures et l'influence des conditions météorologiques, devront être documentées.

ANNEXE 1
Mieux comprendre les pesticides

Les pesticides : qui sont-ils ?

Le terme « pesticides » désigne les produits utilisés pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes vivants jugés indésirables.
Les pesticides sont très nombreux et comportent trois familles principales, selon leur cible :

- → les insecticides,
- → les herbicides,
- → les fongicides (pour lutter contre les champignons et les moisissures comme le mildiou).

D'autres familles plus spécifiques existent également parmi lesquelles les rodonticides (rongeurs), les molluscicides (limaces), les nématicides (vers),…

Sous le nom de pesticides, sont regroupés **les produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques**, utilisés pour la protection des végétaux, et donc majoritairement en agriculture, et **les biocides**, utilisés généralement dans d'autres domaines, par exemple les désinfectants, les produits de protection des matériaux, du bois, etc. Les réglementations sont différentes pour ces deux catégories (cf § 1.3).
Une même substance active peut avoir plusieurs usages et donc être considérée soit comme un biocide, soit comme un phytosanitaire.

Le domaine de l'agriculture reste de loin le plus grand consommateur de produits phytosanitaires avec 90% des utilisations en tonnage. Les **substances actives** utilisées en agriculture sont au nombre de 800 environ (dont environ 400 utilisées en France) et entrent dans la composition de plus de 6 000 **produits** (préparations commerciales). Les produits peuvent contenir une ou plusieurs substances actives et des adjuvants qui sont aussi des produits chimiques[19].

Quels effets sur la santé et l'environnement ?

>> Les effets sur les écosystèmes

Présents dans tous les environnements, les pesticides ont incontestablement des effets sur les écosystèmes. La problématique de ces effets est très vaste et complexe, compte tenu notamment des espèces couvertes (vertébrés, invertébrés, flore,…) et ne peut être abordée en détail dans ce document. Concernant les effets observés *in situ,* l'expertise collective « Pesticides, agriculture et environnement » publiée par l'INRA en 2005 regroupe les résultats de nombre d'études.
Dans les dossiers d'évaluation des substances actives au niveau européen, ces effets doivent être documentés avec une estimation des effets toxiques potentiels sur des espèces représentatives (aquatiques, terrestres) à partir d'essais en laboratoire, voire *in situ*.
Ces données d'écotoxicité sont regroupées dans la base AGRITOX : www.agritox.fr.

>> Les effets sur la santé humaine

Les pesticides peuvent pénétrer dans l'organisme par voie cutanée, par inhalation ou ingestion et avoir des effets aigus et/ou chroniques sur la santé humaine.

Les effets aigus sont ceux qui interviennent rapidement après l'exposition, ils sont souvent dus à des doses importantes. Les connaissances sur ces effets sont issues du réseau de toxivigilance agricole, mis en place par la Mutualité Sociale Agricole en 1991, mais également des centres anti-poison (concernant les ingestions accidentelles par les enfants par exemple). Les effets immédiats sont variés, il peut s'agir de troubles cutanés, hépato-digestifs, ophtalmologiques, neuromusculaires, respiratoires et ORL.

[19] Source : FAQ Epandage aérien de pesticides www.afsset.fr

La toxicité aiguë est évaluée à l'aide de la DL 50 (Dose Létale 50[20]), estimée à partir de tests sur animaux. Ces données sont disponibles sur AGRITOX.

Les effets chroniques sont beaucoup plus difficiles à déterminer et font l'objet de nombreuses controverses. Plusieurs raisons expliquent cela, notamment le grand nombre de substances actives différentes, l'action méconnue des « mélanges » ou encore la difficulté à reconstituer les expositions.

Les connaissances portent principalement sur l'étude de populations exposées professionnellement aux pesticides. De manière générale, les effets suivants ont été étudiés sont les cancers, les troubles neurologiques, les troubles de la reproduction et du développement et les perturbations endocriniennes

Le site internet de l'Observatoire des Résidus de Pesticides[21] synthétise les connaissances sur ces différents effets, qui pour la plupart ne font pas consensus.

Dans le cadre des dossiers d'évaluation des substances, la toxicité chronique est évaluée également par des tests en laboratoire, qui permettent de définir une Dose Journalière Admissible[22]. Ces données sont également disponibles dans AGRITOX. Certaines substances disposent de données toxicologiques plus complètes (www.furetox.fr).

Quelle réglementation ?

>> Des directives européennes pour la mise sur le marché des pesticides

La mise sur le marché des pesticides est principalement réglementée par deux directives européennes : la directive 91/414/CE et la directive 98/8/EC concernant respectivement les produits phytopharmaceutiques et les biocides.

Liens utiles pour en savoir plus sur la réglementation :

Le site de l'observatoire des résidus de pesticides : www.observatoire-pesticides.gouv.fr
Le site de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments : www.afssa.fr
La base de données en ligne E-phy donne accès au catalogue des produits phytosanitaires autorisés : http://e-phy.agriculture.gouv.fr/
http://biocides.developpement-durable.gouv.fr/

En janvier 2009, le parlement européen a adopté le paquet pesticides : constitué d'un règlement relatif à la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques et d'une directive cadre pour une utilisation durable des pesticides. Cette directive fixe pour la première fois au niveau communautaire des règles pour rendre l'utilisation des pesticides plus sûre et encourager le recours à la lutte intégrée et aux alternatives non chimiques, le règlement modernise les conditions d'autorisation des produits phytosanitaires et adopte des critères plus stricts. Ces 2 textes devraient rentrer en application début 2011[23].

>> Des valeurs limites de résidus de pesticides dans les eaux et les aliments

Dans les eaux (ressources et consommation) et les aliments, des teneurs maximales en pesticides ont été fixées. En revanche, l'air et les sols ne font l'objet d'aucune valeur limite.

Les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales sont chargées de la mise en œuvre du contrôle sanitaire des eaux. Une base de données SISE-Eaux a été créée afin de rassembler l'ensemble des résultats d'analyse au niveau national.

[20] Correspondant à la quantité de matière active qui, administrée en une seule fois, par ingestion, inhalation ou voie cutanée, entraîne la mort de 50% des animaux traités
[21] www.observatoire-pesticides.gouv.fr
[22] Quantité de produit qu'un être humain peut ingérer quotidiennement pendant sa vie entière sans danger pour sa santé
[23] Source : Communiqué du 13/01/09 du Ministère de l'agriculture et de la Pêche.

La surveillance et les contrôles pour les denrées alimentaires sont réalisés par :

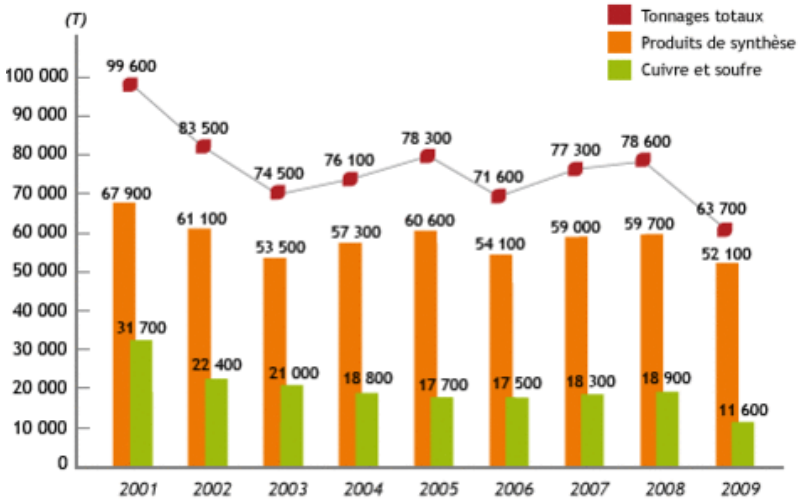
- → la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) en ce qui concerne les fruits et légumes, les céréales et les produits transformés d'origine végétale,
- → la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) concernant les denrées alimentaires et aliments pour animaux, tant d'origine végétale qu'animale.

>> Des mesures de réduction

- ***La directive cadre européenne sur l'eau (2000/60/CE)***
- ***Plan interministériel de réduction des risques liés aux pesticides (PIRRP) 2006-2009***
- ***Plan Ecophyto 2018***

Quels usages de pesticides ?

La France est le premier consommateur de pesticides au niveau européen en tonnage. En termes d'utilisation (tonnage rapporté à l'hectare cultivé), elle se place en 3ème position[24].



Evolution des tonnages de substances actives vendues de 2000 à 2009 (Source : UIPP)

Le tonnage des insecticides est très inférieur aux deux autres familles, avec seulement 3% du total. La figure montre que la tendance d'utilisation des substances phytosanitaires est à la baisse jusqu'en 2006 pour se stabiliser, voire repartir à la hausse en 2007-2008. Ce phénomène est dû en partie à la baisse des produits soufrés et cuivrés, mais également aux substances nouvelles qui s'utilisent à de faibles doses par hectare [INRA, 2005].

L'usage des pesticides est variable selon la culture. Ainsi quelques cultures (céréales, maïs, colza et vigne) occupent moins de 40% de la Surface Agricole Utilisée (SAU) mais consomment à elles seules près de 80% des pesticides commercialisés chaque année[25]. De même, le nombre de traitements varie en fonction de la culture et également en fonction de la région :

>> en moyenne, en 1997, le verger de pommier recevait 17,6 traitements fongicides et 10,5 traitements insecticides/acaricides par an [INRA, 2005]

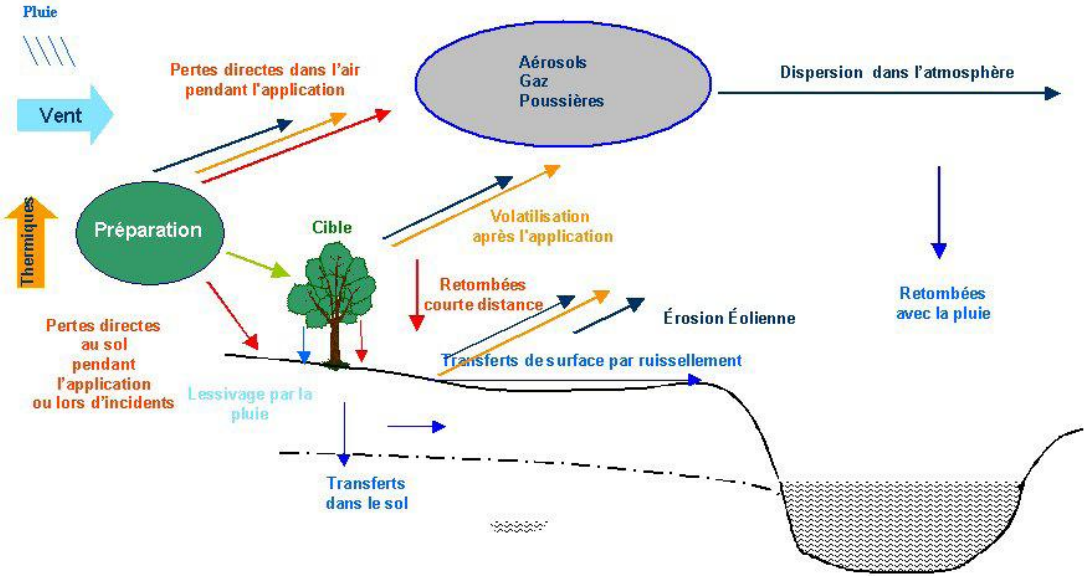
>> sur le blé, le nombre moyen de traitements est de 3 en Rhône-Alpes alors qu'il s'élève à 9 en Picardie [INRA, 2005].

Au final, la dose moyenne appliquée par ha et par an est de 5,4 kg en France.

[24] Source : www.observatoire-pesticides.gouv.fr
[25] Source : www.observatoire-pesticides.gouv.fr

Les transferts de pesticides dans l'environnement

L'INRA et le CEMAGREF ont publié en 2005 une expertise scientifique collective « Pesticides, agriculture et environnement » [INRA, 2005] dont un des chapitres décrit les facteurs majeurs dans le devenir des pesticides dans l'environnement. Les éléments suivants sont fondés sur ce document.
Lors d'une pulvérisation de pesticides sur des cultures à traiter, une partie des substances n'atteint pas la cible et peut donc se disperser dans l'environnement. Les chiffres sont variables selon les auteurs. Dans l'air, c'est jusqu'à 30 à 50% du produit qui peut être perdu sous forme de gouttelettes ou de gaz.



Mécanismes mis en jeux lors des épandages par pulvérisation. Les flèches indiquent les interactions avec les différents compartiments[26]

Les phénomènes de transfert peuvent être séparés en deux phases : la phase pendant l'application du produit et la phase après l'application du produit.

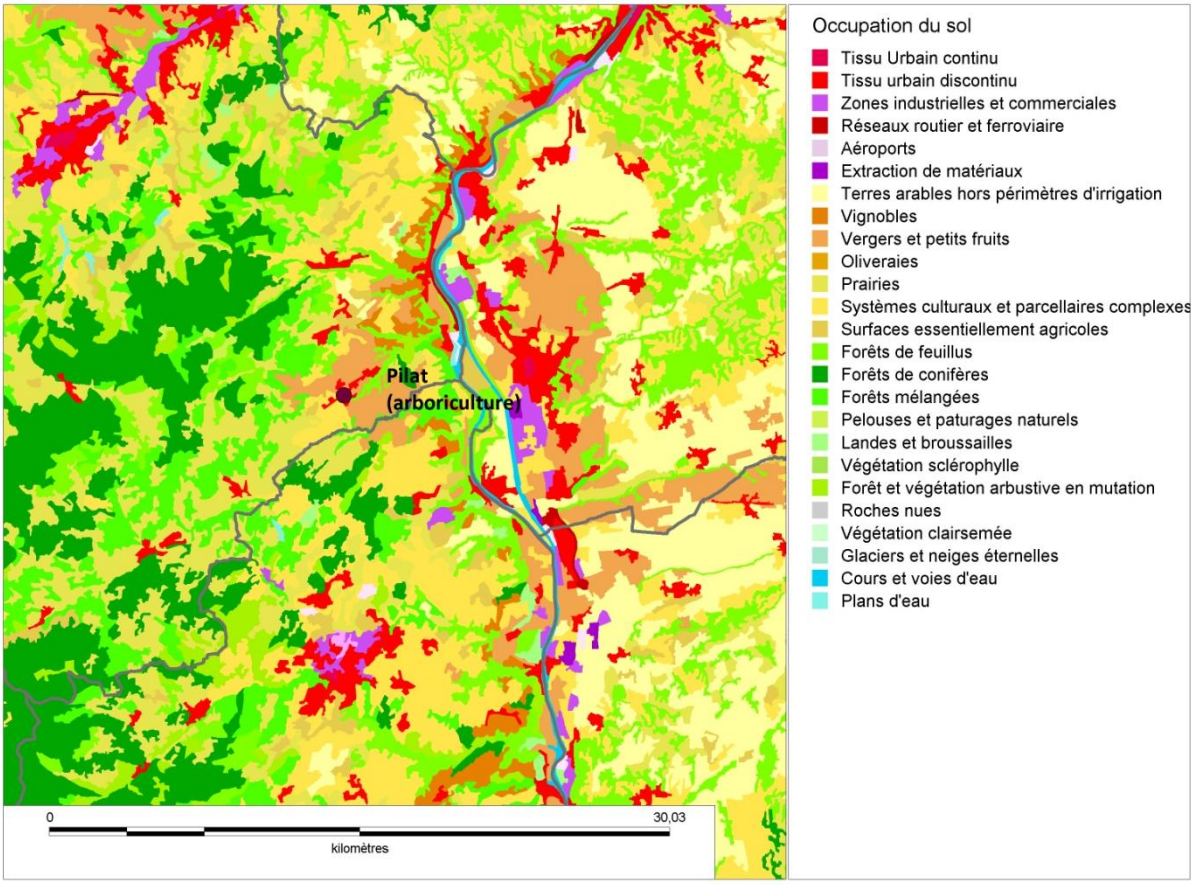
Pendant l'épandage, des pertes peuvent avoir lieu vers l'atmosphère sous forme de gouttelettes (phénomène de dérive) ou de gaz (phénomène d'évaporation). Le phénomène de dérive a fait l'objet d'un grand nombre d'études, en revanche la génération d'une phase gazeuse reste encore méconnue. La dérive est influencée par différents paramètres comme la vitesse du vent, la hauteur d'épandage, la taille des gouttelettes. L'évaporation, elle, est fonction principalement de la température et de l'humidité relative.

Après l'application, des pertes peuvent encore avoir lieu par volatilisation depuis le sol ou le végétal, ou bien par érosion éolienne. La volatilisation dépend des caractéristiques physico-chimiques de la substance et des conditions climatiques notamment (température, …). Les composés émis sont alors dispersés dans l'atmosphère, parfois sur de très longues distances.
Des adjuvants entrent dans la composition des produits afin d'améliorer leur applicabilité et leurs performances. Ces composés peuvent avoir une influence importante sur les propriétés physiques de la préparation. Ces adjuvants ont des effets par exemple sur la taille des gouttelettes. Peu de connaissances existent sur l'effet des formulations et adjuvants sur la volatilisation.

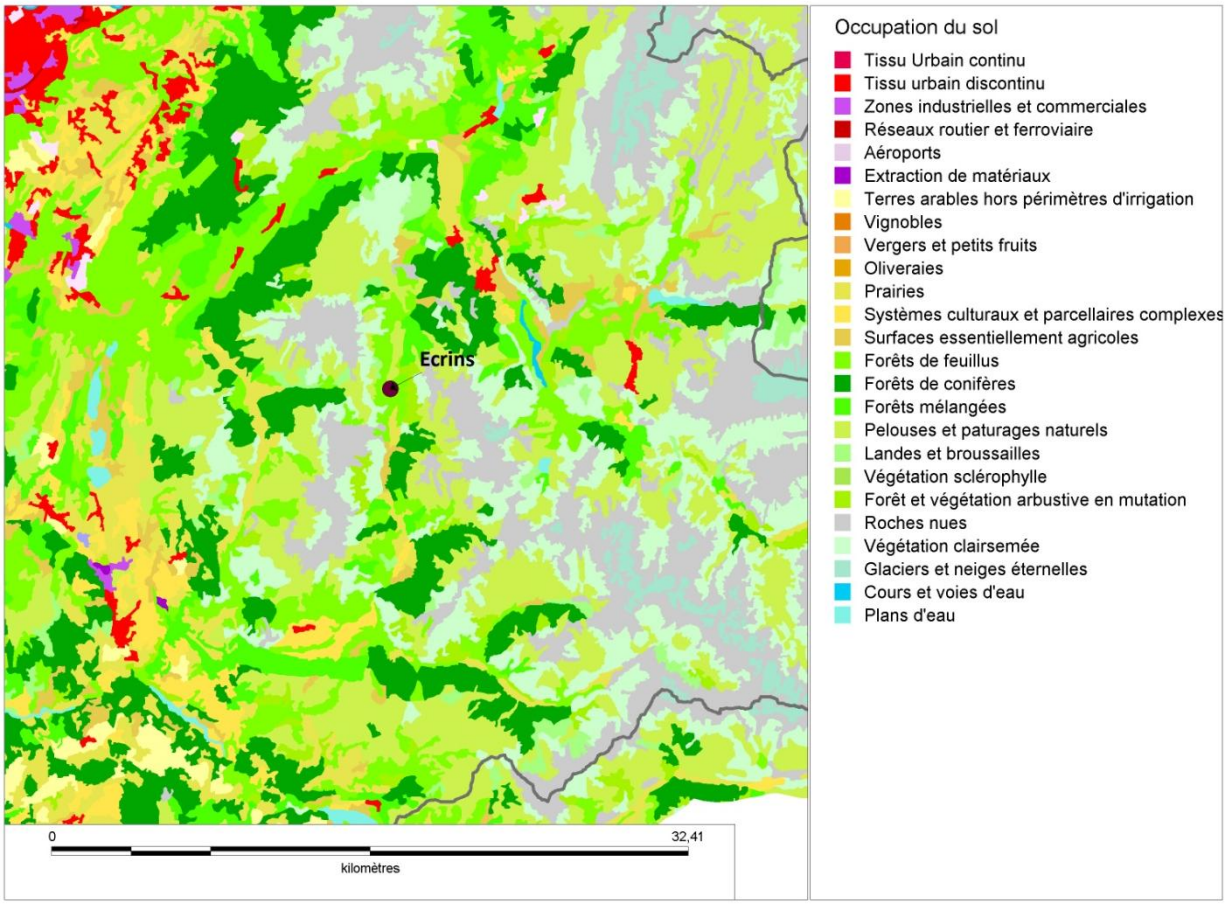
N.B. : Les mécanismes n'influant pas directement sur le milieu aérien ne sont pas présentés.

[26] Extrait de « INRA, Cemagref (2005) Expertise scientifique collective Pesticides, agriculture et environnement »

ANNEXE 2
Occupation du sol
dans le secteur du site Pilat (arboriculture)



ANNEXE 3
Occupation du sol
dans le secteur du site Ecrins



ANNEXE 4
Liste des substances recherchées

Molécules	Type	Interdit	Commentaire	Molécules	Type	Interdit	Commentaire
2,4-D	H			**Dinocap**	F	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/09
24' DDD	I	OUI		**Dithianon**	F		
24' DDE	I	OUI		**Diuron**	H	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08
24' DDT	I	OUI		**Doguadine**	F		
44' DDD	I	OUI		**Epoxiconazole**	F		
44' DDE	I	OUI		**Ethoprophos ***	I		
44' DDT	I	OUI		**Fenitrothion**	I		
Acetochlor	H			**Fenoxaprop-ethyle**	H	OUI	fenaxoprop-p-ethyl autorisé(non différentiable à l'analyse)
Aclonifen	H			**Fénoxycarbe**	I		
A-endosulfan *	I			**Fenpropidin**	F		
Alachlor	H	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08	**Fenpropimorphe**	F		
Atrazine	H	OUI		**Flazasulfuron**	H		
Azinphos-methyl	I	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08	**Flufenoxuron**	I		
Azoxystrobine	F			**Flusilazole**	F		
Bifenthrin	I			**Folpel**	F		
Bupirimate	F			**G HCH ***	I	OUI	
Captan	F			**Hexaconazole**	F		
Carbaryl	I			**Iprodione**	F		
Carbofuran	I	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08	**Isoproturon**	H		
Chlorothalonil	F			**Kresoxim-methyl**	F		
Chlorpyrifos ethyl *	I			**Lambda cyhalotrine**	I		
Chlortoluron	H			**Linuron**	H		
Cymoxanil	F			**Malathion ***	I		
Cypermethrine I	I			**Mercapthodimethur**	I		
Cyproconazole	F			**Metazachlore**	H		
Cyprodinil	F			**Metolachlore**	H	OUI	S-métolachlore autorisé (non différentiable à l'analyse)
Deltamethrine	I			**Oryzalin**	H		
Diazinon *	I			**Oxadiazon**	H		
Dichlobenil	H			**Oxydemeton-methyl**	I	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08
Dichlorovos	I	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08	**Parathion methyl**	I	OUI	
Difenoconazole	F			**Pendimethaline**	H		
Diflufenicanil	H			**Phosalone**	I		
Dimethenamide *	H			**Phosmet**	I		
Dimethomorphe I	F			**Pirimicarbe**	I		
Dimethomorphe II	F			**Procymidone**	F	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08

Propachlor	H						
Propargite	I						
Propyzamide	H						
Pyriméthanil	F						
Simazine	H	OUI					
Spiroxamine	F						
Tau-fluvalinate (I+II)	I						
Tebuconazole	F						
Tébutame	H	OUI					
Terbuthylazine	H	OUI					
Thirame	F						
Tolylfluanid	F	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08				
Trifluraline	H	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08				
Vinclozolin	F	OUI	retrait AMM: 1/02/08, fin utilisation 31/12/08				
Zirame	F						

ANNEXE 5
Rendements d'extraction de chaque molécule

Substance	Rdt d'extraction (en %)	Substance	Rdt d'extraction (en %)
2,4 D	70	Fénoxycarbe	77
24' DDD	87	Fenpropidine	109
24' DDE	75	Fenpropimorphe	102
24' DDT	68	Flazasulfuron	65
44' DDD	68	Flufenoxuron	67
44' DDE	75	Flusilazole	91
44' DDT	80	Folpel	80
Acétochlore	86	Hexaconazole	96
Aclonifen	55	Iprodione	75
Alphaméthrine	84	Isoproturon	64
Endosulfan	100	Krésoxim-méthyl	89
Alachlore	115	Lambda cyhalotrine	95
Atrazine	85	Lindane	97
Azinphos Méthyl	104	Linuron	67
Azoxystrobine	99	Malathion	82
Bifenthrine	104	Mercapthodiméthur	65
Bupirimate	72	Métazachlore	85
Captane	74	Métolachlore	96
Carbaryl	113	Oryzalin	85
Carbofuran	83	Oxadiazon	100
Chlorothalonil	78	Oxydéméthon-méthyl	73
Chlorpyrifos-éthyl	93	Parathion méthyl	59
Chlortoluron	70	Pendiméthaline	89
Cymoxanil	74	Phosalone	58
Cyproconazole	92	Phosmet	45
Cyprodinil	74	Pyrimicarbe	75
Deltaméthrine	103	Procymidone	98
Diazinon	100	Propachlore	74
Dichlorovos	42	Propargite	78
Dichlobenil	40	Propyzamide	86
Difénoconazole	87	Pyriméthanil	80
Diflufénicanil	97	Simazine	89
Diméthénamide	87	Spiroxamine	78
Diméthomorphe I	83	Tau-fluvalinate I	94
Diméthomorphe II	83	Tau-fluvalinate II	86
Dinocap	78	Tébuconazole	84
Dithianon	63	Tébutame	110
Diuron	74	Terbuthylazine	86
Doguadine	64	Thirame	54
Epoxiconazole	88	Tolylfluanide	80
Ethoprophos	103	Trifluraline	58
Fénitrothion	97	Vinchlozoline	75
Fenoxaprop-éthyle	99	Zirame	50

ANNEXE 6
Limites de détection (LD) et de quantification (LQ)
(en ng par échantillon)

Substance	LD	LQ	Technique	Substance	LD	LQ	Technique
2,4 D	8	20	LC-MS/MS	Fenpropidine	8	20	GC/MS
2,4 DDD	8	20	GC/MS	Fénoxycarbe	8	20	LC-MS/MS
2,4 DDE	8	20	GC/MS	Fenpropimorphe	8	20	GC/MS
2,4 DDT	8	20	GC/MS	Flazasulfuron	40	100	LC-MS/MS
4,4 DDD	8	20	GC/MS	Flufenoxuron	8	20	LC-MS/MS
4,4 DDE	8	20	GC/MS	Flusilazole	8	20	LC-MS/MS
4,4 DDT	8	20	GC/MS	Folpel	40	100	GC/MS
Acétochlore	8	20	GC/MS	Hexaconazole	8	20	LC-MS/MS
Aclonifen	40	100	GC/MS	Iprodione	8	20	LC-MS/MS
Alphaméthrine	40	100	GC/MS	Isoproturon	8	20	LC-MS/MS
Endosulfan	40	100	GC/MS	Krésoxim-méthyl	8	20	GC/MS
Alachlore	8	20	GC/MS	Lambda cyhalotrine	8	20	GC/MS
Atrazine	8	20	LC-MS/MS	Lindane	8	20	GC/MS
Azinphos Méthyl	8	20	GC/MS	Linuron	8	20	LC-MS/MS
Azoxystrobine	40	100	GC/MS	Malathion	8	20	GC/MS
Bifenthrine	8	20	GC/MS	Mercapthodiméthur	8	20	LC-MS/MS
Bupirimate	40	100	GC/MS	Métazachlore	8	20	GC/MS
Captane	40	100	GC/MS	Métolachlore	8	20	GC/MS
Carbaryl	8	20	LC-MS/MS	Oryzalin	8	20	LC-MS/MS
Carbofuran	8	20	LC-MS/MS	Oxadiazon	8	20	GC/MS
Chlorothalonil	8	20	GC/MS	Oxydéméthon-méthyl	8	20	LC-MS/MS
Chlorpyrifos-éthyl	8	20	GC/MS	Parathion méthyl	8	20	GC/MS
Chlortoluron	8	20	LC-MS/MS	Pendiméthaline	8	20	GC/MS
Cymoxanil	8	20	LC-MS/MS	Phosalone	200	500	LC-MS/MS
Cyproconazole	8	20	LC-MS/MS	Phosmet	8	20	LC-MS/MS
Cyprodinil	8	20	GC/MS	Pyrimicarbe	8	20	LC-MS/MS
Deltaméthrine	160	400	GC/MS	Procymidone	8	20	GC/MS
Diazinon	8	20	GC/MS	Propachlore	8	20	GC/MS
Dichlobenil	8	20	GC/MS	Propargite	40	100	GC/MS
Dichlorovos	8	20	GC/MS	Propyzamide	8	20	GC/MS
Difénoconazole	8	20	LC-MS/MS	Pyriméthanil	8	20	GC/MS
Diflufénicanil	8	20	GC/MS	Simazine	8	20	LC-MS/MS
Diméthénamide	8	20	GC/MS	Spiroxamine	8	20	GC/MS
Dinocap	8	20	LC-MS/MS	Tau-fluvalinate I	8	20	GC/MS
Diméthomorphe I	40	100	LC-MS/MS	Tau-fluvalinate II	8	20	GC/MS
Diméthomorphe II	40	100	LC-MS/MS	Tébuconazole	8	20	GC/MS
Dithianon	200	500	LC-MS/MS	Tébutame	8	20	GC/MS
Diuron	40	100	LC-MS/MS	Terbuthylazine	8	20	LC-MS/MS
Doguadine	200	500	LC-MS/MS	Thirame	40	100	LC-MS/MS
Epoxiconazole	8	20	LC-MS/MS	Tolylfluanide	8	20	GC/MS
Ethoprophos	8	20	GC/MS	Trifluraline	8	20	GC/MS
Fénitrothion	8	20	GC/MS	Vinchlozoline	8	20	GC/MS
Fenoxaprop-éthyle	8	20	GC/MS	Zirame	200	500	LC-MS/MS

ANNEXE 7
Résultats détaillés des mesures réalisées en 2008-2009 en ng.m^{-3} (à 20°C et 1013 hPa)

	du	25/11	16/12	20/1	17/2	10/3	24/3	31/3	14/4	21/4	5/5	12/5	19/5	26/5	2/6	9/6	16/6	1/7	8/7	15/7	28/7	4/8	11/8	25/8	1/9	15/9	22/9	13/10
SITE	au	2/12	23/12	27/1	24/2	17/3	31/3	7/4	21/4	28/4	12/5	19/5	26/5	2/6	9/6	16/6	23/6	8/7	15/7	22/7	4/8	11/8	18/8	1/9	8/9	22/9	29/9	20/10
ECRINS	Chlorothalonil									0.80	0.99				1.00	0.25	0.25	0.46	0.35	0.52				<LQ				
ECRINS	Trifluraline							0.15	<LQ	0.19	0.23										<LQ							
ECRINS	Lindane												<LQ		<LQ	0.17	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2.73	<LQ	0.18	<LQ		<LQ	<LQ
ECRINS	44' DDD																		0.22	0.31								
ECRINS	Tébutame														0.43													
PILAT (arbo)	44' DDD																		0.17	0.14								
PILAT (arbo)	Chlorothalonil										1.42				1.52	1.43	1.33	1.61	0.68	0.70			0.84	0.29		<LQ	0.14	
PILAT (arbo)	Chlorpyrifos ethyl									0.23	0.05		0.92		1.20	2.41	1.35	0.60	0.28	0.35	2.62	1.37	0.30	0.39				
PILAT (arbo)	Cymoxanil																	<LQ										
PILAT (arbo)	Cyprodinil												0.18			<LQ	<LQ											
PILAT (arbo)	Diflufenicanil																		0.18									
PILAT (arbo)	Flufenoxuron	<LQ																										
PILAT (arbo)	Folpel												4.88		17.70		16.63	53.50										
PILAT (arbo)	Lindane	<LQ	0.12				<LQ	0.15					0.35		0.19	0.26	0.22	0.23	0.18	0.18	0.13	0.74	0.22	0.19	<LQ	0.17	0.14	0.14
PILAT (arbo)	Kresoxim-methyl																	0.32										
PILAT (arbo)	Lambda cyhalotrine															6.37												
PILAT (arbo)	Metolachlore														<LQ													
PILAT (arbo)	Pendimethaline												0.36		0.31	0.14												
PILAT (arbo)	Pirimicarbe																	0.43										
PILAT (arbo)	Propachlor															0.20												
PILAT (arbo)	Tau-fluvalinate (I+II)					<LQ																						
PILAT (arbo)	Tébutame		0.55										0.32															
PILAT (arbo)	Trifluraline		0.27			0.15	0.17	0.18	<LQ	0.18	0.12		<LQ			<LQ		0.13	0.43	0.32								
AGGLO VALENCE	Chlorothalonil											1.87	3.83	2.16	2.38	0.87												
AGGLO VALENCE	Cyprodinil														0.27	0.12												
AGGLO VALENCE	Folpel											13.88	36.31	11.99	0.24	10.40												
AGGLO VALENCE	Pyriméthanil														0.24													
AGGLO VALENCE	Metolachlore											0.43	0.20	0.16	0.16	0.13												
AGGLO VALENCE	Pendimethaline											1.73	1.03	0.82	0.47	0.14												
AGGLO VALENCE	Propachlor														0.31													
AGGLO VALENCE	Trifluraline											<LQ		<LQ														
AGGLO VALENCE	Chlorpyrifos ethyl											1.24	1.05	1.42	0.99	0.59												
AGGLO VALENCE	Lindane											0.25	0.47	0.34	0.31	0.21												

Légende :
Case grisée : pas de prélèvement
<LQ : substance détectée à une concentration trop faible pour être quantifiée
Case vierge : la concentration est inférieure au seuil de détection

NB : N'apparaissent dans le tableau que les substances détectées au moins une fois sur le site.