



Association pour la mesure de la
pollution atmosphérique de l'Auvergne



Les pesticides dans l'air en France et en Auvergne :

Etat des
lieux



Atmo Auvergne

21 Allée Évariste Galois
La Pardieu
63170 AUBIÈRE

Tél. : 04 73 34 76 34

Fax : 04 73 34 33 56

Mél : contact@atmoauvergne.asso.fr

Site Internet : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

Année 2006 – Version 1

Sommaire

1. Les pesticides dans l'atmosphère : contexte.....	4
1.1 Transfert des pesticides vers l'atmosphère.....	4
1.2 Critères physico-chimiques	6
2. Les méthodes de mesure utilisées.....	7
2.1 Méthode de prélèvement.....	7
2.2 Méthode d'analyse.....	8
3. Etat des lieux en France	9
3.1 Pesticides les plus suivis en France	10
3.2 Pesticides les plus couramment retrouvés dans l'air en France.....	11
3.2.1 Fréquence de détection	11
3.2.2 Pesticides interdits	12
3.3 Concentration des pesticides mesurés	12
3.4 Lien avec l'activité agricole	14
4. Etat des lieux en Auvergne : campagne 2005	15
4.1 Contexte.....	15
4.2 Résultats	16
4.2.1 Pesticides détectés	16
4.2.2 Concentrations observées	16
4.2.3 Evolution temporelle et lien avec le calendrier des usages.....	18
4.2.4 Différences entre les deux sites	21
5. Etat des lieux en Auvergne : Résultats de la campagne 2006 dans le Cantal.....	22
6. Impact sanitaire	24
6.1 Impact des pesticides sur la santé	24
6.1.1 Pesticides et cancer.....	24
6.1.2 Pesticides et reproduction	24
6.1.3 Pesticides et troubles neurologiques	24
6.2 Evaluation des risques sanitaires à partir de la campagne 2005 en Auvergne.....	24
6.3 Autres évaluations des risques en France	25
6.4 L'indice Phyto, un indicateur global de la pollution phytosanitaire dans l'air ?.....	26
7. Comment réduire la pollution de l'air par les pesticides ?	28
7.1 Réduire la dispersion dans l'air pendant et après l'application	28
7.2 Raisonner l'utilisation	28
7.3 Réduire l'usage de pesticides par le type de culture.....	29
8. Conclusion	30

Avant propos : ce rapport a été réalisé à la demande de la Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt d'Auvergne et a été financé par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

1. Les pesticides dans l'atmosphère : contexte

Le terme **pesticide** désigne toute substance qui vise à éliminer les organismes nuisibles végétaux ou animaux. La France est le troisième utilisateur mondial de pesticides et le premier en Europe. Actuellement, plus de 500 substances actives sont utilisées en France, et environ 5000 spécialités commerciales (contenant une ou plusieurs substances actives auxquelles sont associés des adjuvants) sont disponibles sur le marché français.

Il existe plusieurs familles de pesticides :

- les insecticides, destinés à tuer les insectes nuisibles, et qui sont généralement les substances les plus toxiques.
- les herbicides, qui luttent contre les plantes qui pourraient entrer en concurrence avec les espèces cultivées.
- les fongicides, qui visent à éliminer les champignons et moisissures nuisibles aux cultures.
- les acaricides, les taupicides, les molluscicides, les nématicides, les rodenticides, les algicides, les corvicides...

1.1 Transfert des pesticides vers l'atmosphère

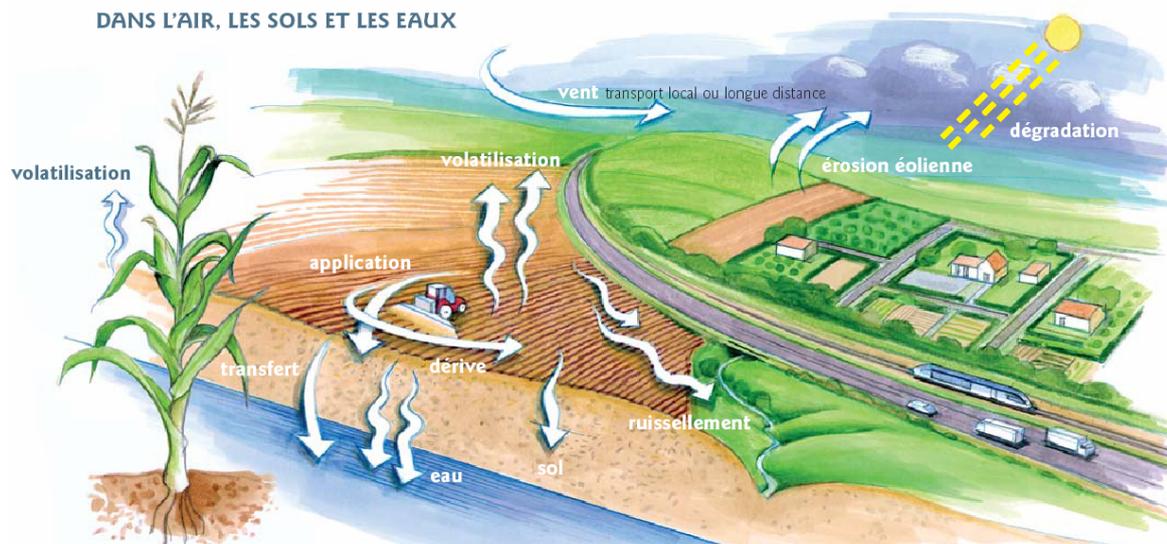
Les pesticides se retrouvent dans tous les compartiments environnementaux : air, eau, sol.

La contamination de l'atmosphère en phase gazeuse ou particulaire peut se faire par trois voies :

- lors de l'utilisation, par évaporation avant d'atteindre la cible (sol ou plantes) ou par transport dû au vent,
- en post-application, par volatilisation des substances contenues dans les végétaux traités, dans le sol ou dans l'eau qui repassent ainsi en phase gazeuse, tout en pouvant ensuite retourner dans le sol par dépôt sec ou humide,
- par érosion éolienne, qui remet en suspension des particules de sol sur lesquelles des pesticides peuvent être fixés.

Les différentes voies de transferts des pesticides dans les compartiments environnementaux sont représentées sur le graphique ci-dessous (ASQAB, 2005).

MODES DE TRANSFERTS DES PESTICIDES DANS L'AIR, LES SOLS ET LES EAUX



Parmi ces trois voies de transfert vers l'atmosphère, **les pertes à l'épandage** sont à l'heure actuelle mal documentées, mais on sait que le pourcentage de matière active n'arrivant pas sur la cible peut être très important en fonction du type d'insecticide, de la technique d'application et du développement du couvert. Lors d'une fumigation du sol, les pertes vers l'atmosphère peuvent atteindre 20 à 30 % selon le respect ou non des bonnes pratiques d'application (INRA-CEMAGREF, 2005). En pulvérisation sur le feuillage, 30 à 50 % du produit passe vers l'air (c'est la dérive, ou « spray-drift ») (Ravier I., 2005). Bien que les facteurs impliqués dans les transferts atmosphériques sont identifiés (conditions météorologiques, modes d'application tels que la hauteur de la rampe, la taille de la buse...), certains demeurent mal renseignés, notamment par exemple l'évaporation des gouttelettes de spray. Les recherches s'appuient de plus en plus sur les modèles mathématiques pour comprendre ces phénomènes de dérive (Gil et Sinfort, 2005).

Second mode de transfert, **la volatilisation** après l'application : tandis que le transport des pesticides à longue distance a été mis en évidence depuis les années 1980 du fait de leur détection dans des zones éloignées de toute utilisation (montagnes, régions arctiques, lacs...) (Li et al., 2006), la dispersion et le dépôt à courte distance de la phase gazeuse ne font l'objet de recherches que depuis assez récemment. L'ampleur de la volatilisation à partir de la plante serait plus importante, en terme de flux, que celle à partir du sol (Bedos et al., 2002a).

Enfin, l'importance de **l'érosion éolienne** à partir de la plante ou du sol et les facteurs qui la gouvernent sont eux aussi mal connus. Certains auteurs considèrent que le transfert par érosion est faible, d'autres estiment que cette voie peut être supérieure aux pertes par ruissellement.

Ainsi, la fraction de pesticides passant dans l'atmosphère dépend de plusieurs facteurs liés aux caractéristiques intrinsèques du produit, au sol, à la méthode d'application, aux conditions météorologiques... Cette multiplicité des facteurs rend parfois difficile l'interprétation des résultats et explique que la connaissance sur l'origine et le comportement des pesticides dans l'atmosphère soit encore mal connue, comparativement à certains autres polluants atmosphériques.

1.2 Critères physico-chimiques

Les pesticides possèdent des caractères physico-chimiques qui favorisent ou non leur passage dans l'air. Les principaux facteurs physiques qui influencent leur transfert dans l'atmosphère sont la constante de Henry, la pression de vapeur et la demi-vie dans l'air.

La constante de Henry permet de quantifier le degré de partition à l'équilibre d'une substance entre la solution dans laquelle elle est dissoute et l'air. Une substance est considérée comme volatile dès que sa constante de Henry est supérieure à $10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$. La pression de vapeur, pression partielle de vapeur d'un corps pur à partir de laquelle une partie du corps pur passe sous forme liquide, permet d'évaluer le potentiel de volatilisation. Plus elle est importante, plus le composé est volatile.

La demi-vie dans l'air représente la persistance dans l'air d'une substance : plus elle augmente, plus le temps de rémanence des substances dans le compartiment aérien augmente et donc plus la fréquence de détection augmente aussi. Le potentiel de transport sur les longues distances est défini par une demi-vie dans l'air supérieure à deux jours (INERIS, 2006).

2. Les méthodes de mesure utilisées

Il n'existe pas de méthode de mesure directe des pesticides dans l'air : les étapes de prélèvement et d'analyse sont dissociées.

En l'absence à l'heure actuelle de normes française ou européenne concernant le prélèvement et l'analyse des pesticides dans l'air, les méthodes de mesures sont inspirées des normes américaines EPA TO-4 et EPA TO-10. Au vu des faibles concentrations relevées (de l'ordre du ng/m^3), celles-ci préconisent des prélèvements d'air sur une journée ou une semaine.

2.1 Méthode de prélèvement

L'air est aspiré à travers une cartouche contenant un filtre en fibre de quartz retenant la phase particulaire et une mousse en polyuréthane piégeant la phase gazeuse. Le débit est variable selon la durée de prélèvement choisie : $1 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un pas hebdomadaire et entre 30 et $60 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un pas quotidien. Un groupe de travail, piloté par l'INERIS avec les AASQA a permis de comparer différents dispositifs. C'est le Partisol qui a été retenu pour les mesures hebdomadaires et le Digitel DA 80 pour les mesures quotidiennes.

Le Digitel DA 80 permet de réaliser des prélèvements de 24 h à un débit de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. L'air traverse un premier module contenant un filtre de microfibre de quartz de 150 mm de diamètre, avant d'être dirigé vers un second module dans lequel est inséré une mousse de polyuréthane de 70 mm d'épaisseur.

Les mesures hebdomadaires sont réalisées avec un Partisol fonctionnant généralement à un débit de $1 \text{ m}^3/\text{h}$, utilisant des filtres en quartz de 47 mm et des mousses de polyuréthane de $25 \times 75 \text{ mm}$.

Ces deux appareils sont illustrés ci-dessous.



R&P Partisol



Digitel DA80

A la fin des prélèvements, les cartouches sont envoyées au laboratoire d'analyse dans des sacs isothermes contenant des blocs froids. La manipulation des filtres et des mousses est uniquement effectuée au laboratoire de façon à éviter toute contamination. Ce dernier conditionne les supports avant renvoi à l'organisme chargé du prélèvement, dans les mêmes conditions de transport.

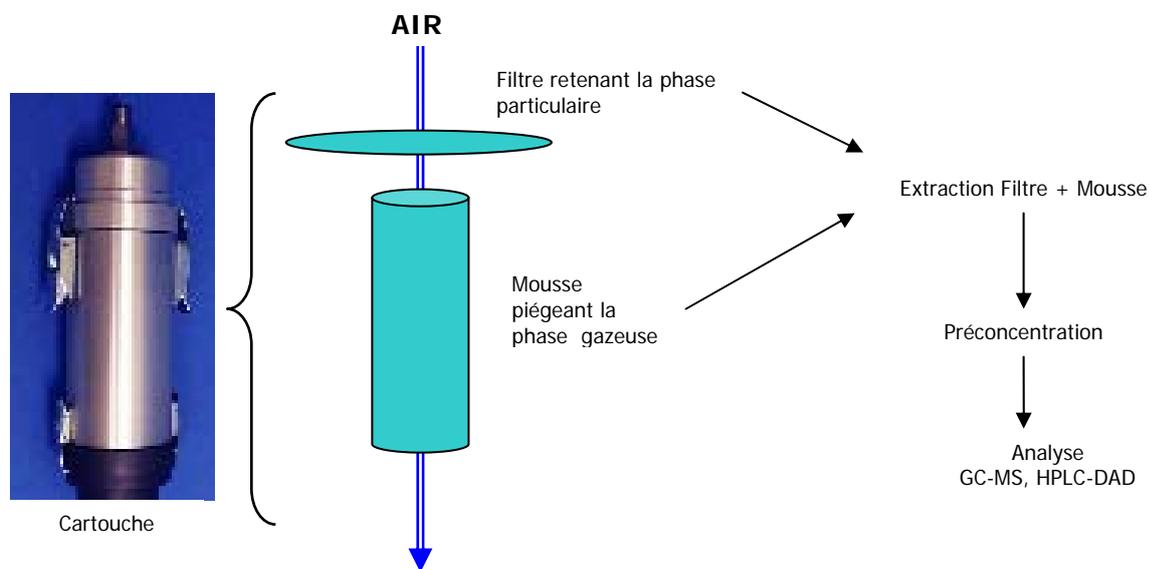
2.2 Méthode d'analyse

L'analyse est réalisée suivant les préconisations des méthodes EPA : extraction des matières actives, préconcentration de l'échantillon suivie de l'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse.

Bien que le prélèvement soit dissocié, les phases particulaire et gazeuse ne sont pas analysées séparément. En effet, il existe des processus de revolatilisation des pesticides initialement en phase particulaire, d'adsorption des pesticides en phase gazeuse sur le filtre, et de migration des particules vers la mousse (Scheyer, 2004) qui ne permettent pas de déterminer avec certitude la répartition des deux phases d'une substance, surtout sur une période de prélèvement d'une semaine. De plus, la concentration des pesticides étant souvent proche des limites analytiques, la division des échantillons entraînerait une augmentation de la limite de quantification qui ne se justifie pas.

Ces méthodes sont actuellement en voie de normalisation AFNOR (projets NF X 43-058 pour les prélèvements et NF X 43-059 pour les analyses).

Le graphique ci-dessous résume le principe de mesure des pesticides dans l'air ambiant.



3. Etat des lieux en France

Il n'existe pas de réglementation aux niveaux national et européen portant sur la présence de pesticides dans l'air, à l'inverse de certains autres polluants. Ainsi, les mesures sont parcellaires et se limitent aux initiatives locales. Les mesures de pesticides dans l'air sont très limitées en Europe en dehors du territoire français. Depuis 5 ans, les AASQA ont multiplié les études sur leurs territoires de compétence, aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.

L'AFSSET et l'INERIS, dans le cadre de l'Observatoire des Résidus de Pesticides, ont engagé un travail de recensement et de synthèse des mesures de pesticides dans l'air par l'ensemble des AASQA qui n'est à ce jour pas finalisé. Ce rapport présente donc un état des lieux non exhaustif des teneurs relevées par différentes AASQA dans l'air. Les données et observations présentées sont issues des travaux des associations suivantes : Air Breizh (2003, 2004, 2005), AIRAQ (2003, 2005), ASQAB (2005), Atmo Auvergne (2005), Atmo Champagne Ardennes (2005), Atmo Poitou-Charentes (2005) et Lig'air (2005).

3.1 Pesticides les plus suivis en France

Selon l'objectif de l'étude, l'environnement agricole investigué ou le laboratoire ayant réalisé les analyses, les molécules recherchées peuvent varier d'une région à l'autre. Le tableau ci-dessous recense les substances les plus recherchées par les AASQA en France depuis le début des investigations sur les pesticides.

Pourcentage de substances recherchées communes	Substances actives
100 %	Alachlore, Chlorothalonil, Chlorpyriphos ethyl, Lindane
75%	Atrazine, Folpel, Kresosym-méthyl
66%	Aclonifen, Azoxystrobine, Deltaméthrine, Dichlorvos, Diflufénicanil, Oxadiazon, Pendiméthaline, Tébutame, Trifluraline
50%	Carbofuran, Diazinon, Diméthénamide, Fenpropimorphe, Flusilazole, Lambda Cyhalothrine, Métolachlore, Parathion méthyl, Tébutoconazole

Outre ces 25 substances, il existe environ une soixantaine d'autres molécules qui font l'objet de mesures dans l'air. La mesure de certaines a pu être abandonnée par les réseaux ayant un historique de données de plusieurs années, au vu de leur absence dans l'air.

De façon quasi générale, le choix de ces molécules cibles est réalisé selon les critères suivants :

- « probabilité » de présence dans l'air, estimée d'après les critères physico-chimiques propres à la substance et par les concentrations dans l'air observées auparavant dans d'autres régions,
- toxicité, calculée d'après la Dose Journalière Admissible (en mg/kg/jour), fixée suite à un examen approfondi de toutes les données et études scientifiques disponibles, et qui représente la quantité maximale d'une substance ingérée quotidiennement, tout au long d'une vie, sans risque appréciable pour la santé. Plus la DJA est faible et plus le composé est toxique. Ce critère de toxicité est à l'origine de la sur-représentation courante des insecticides parmi les molécules recherchées au regard de leur relatif faible pourcentage parmi les pesticides : les insecticides, destinés à éliminer les animaux, font généralement partie des composés les plus toxiques.
- faisabilité technique par le laboratoire d'analyse, qui peut expliquer en partie que les substances recherchées ne soient pas les mêmes. Cette limitation analytique est également à l'origine de l'absence du glyphosate parmi les molécules investiguées. En effet, la mesure dans l'air de ce pesticide très abondamment utilisé n'est actuellement pas totalement au point.
- caractéristiques agricoles locales telles que les cultures prédominantes et le tonnage de chaque pesticide dans la zone étudiée.

La liste des pesticides les plus couramment recherchés par les AASQA est indiquée ci-dessous, avec en jaune ceux qui le sont par Atmo Auvergne.

2,4' D	Chlorpyrifos ethyl	Fenazaquin	Metolachlore
2,4' DDD	Clodinafop-propargyl	Fenhexamide	Oxadiazon
2,4' DDE	Chlortoluron	Fenoxaprop-p-ethyl	Parathion ethyl
2,4' DDT + 4,4' DDD	Clopyralid	Fenpropidine	Parathion methyl
2,4-MCPA	Cypermethrine I	Fenpropimorphe	Pendimethaline
4,4' DDE	Cypermethrine II	Flufénacet	Phosmet
4,4' DDT	Cypermethrine III +IV	Flusilazole	Propargite
A - HCH	Cyproconazole	Fluthiamide	Simazine
Acetochlor	Cyprodinil	Folpel	Sulcotrione
Aclonifen	Deltamethrine	G - HCH (Lindane)	tau-fluvalinate I
Alachlor	Déséthylatrazine	Hexaconazole	tau-fluvalinate II
Atrazine	Désisopropylatrazine	Imazaméthabenz-méthyl	Tebuconazole
Azoxystrobine	Déséthysimazine	Ioxynil	Tébutame
Bentazone	Diazinon	Iprodione	Terbufos
Bifenox	Dichlobenil	isoproturon	Terbuthylazine
Bromoxynil octanoate	Dichlorovos	Kresoxim-methyl	Tetraconazole
Captane	Diflufenicanil	Lambda cyhalotrine	Tolyfluanid
Carbaryl	Dimethenamide	Malathion	Triadimenol
Carbetamide	Diuron	Mecoprop	Triclopyr
Carbofuran	Endosulfan-A	Methalaxil	Trifluraline
Chlorothalonil	Epoxiconazole	Metazachlore	Vinchlozoline

3.2 Pesticides les plus couramment retrouvés dans l'air en France

3.2.1 Fréquence de détection

Toutes les études menées montrent, sans exception, la présence de pesticides dans l'atmosphère, en milieu rural comme en milieu urbain. Cependant toutes les molécules recherchées ne sont pas retrouvées, la fréquence de détection étant très variable d'un composé à l'autre.

Le tableau ci-dessous liste les molécules les plus fréquemment observées dans l'air (Fédération Atmo, 2006a).

Fréquence de détection	Pesticides
50 à 100 %	Lindane
16 à 100 %	Alachlore
7 à 100 %	Oxadiazon
18 à 97 %	Trifluraline
25 à 91 %	Endosulfan
30 à 90 %	Folpel
21 à 87 %	Terbuthylazine
35 à 77 %	Pendiméthaline
28 à 77 %	Chlorothalonil
2 à 73 %	Chlorpyrifos Ethyl

Lors de campagnes annuelles ou pluriannuelles, certaines molécules sont retrouvées plus de 90 % du temps. C'est notamment le cas du lindane et de la trifluraline. D'autres molécules peuvent afficher des pourcentages de détection proches de 100 % pendant les semaines qui correspondent à leur période d'utilisation, telles le folpel, le chlorothalonil ou l'endosulfan.

3.2.2 Pesticides interdits

Les études menées depuis plusieurs années dans quelques régions ont montré la disparition de certains pesticides suite à leur retrait du marché : atrazine, parathion-ethyl et parathion-méthyl ne sont plus retrouvés alors qu'ils étaient largement présents dans l'atmosphère avant 2003, date de leur interdiction.

A contrario, le lindane, insecticide interdit d'utilisation depuis 1998, fait partie des molécules les plus fréquemment retrouvées dans l'air, dans toutes les régions et quasiment toute l'année. Des études internationales ont montré sa présence dans l'atmosphère des régions arctiques et il fait partie des polluants organiques persistants du fait de sa forte rémanence. Sa demi-vie dans l'air étant de 224 heures, il peut être transporté sur de longues distances. Le lindane pur, gamma-HCH a été très utilisé en France, aux Etats-Unis et au Canada jusqu'à son interdiction. Il semblerait que la présence de cet insecticide dans l'atmosphère française s'explique par une volatilisation à partir du sol (Bedos et al, 2002b). En effet, des études ont montré que dans un sol sableux, il restait 10 % de résidus 14 ans après l'application de lindane.

3.3 Concentration des pesticides mesurés

Les concentrations de pesticides peuvent être très variables selon la région et les cultures avoisinantes, la période de mesure, la nature du site (urbain ou rural), etc...

Les niveaux les plus élevés sont mesurés lors de l'épandage à proximité du lieu de traitement. Les concentrations peuvent alors atteindre plusieurs milliers de nanogrammes par m³ : une étude de Lig'air en 2003 a relevé 1 209 ng/m³ de phosmet et 7 893 ng/m³ de captane au milieu de vergers lors de l'épandage. Une baisse rapide des niveaux est observée 24 heures après.

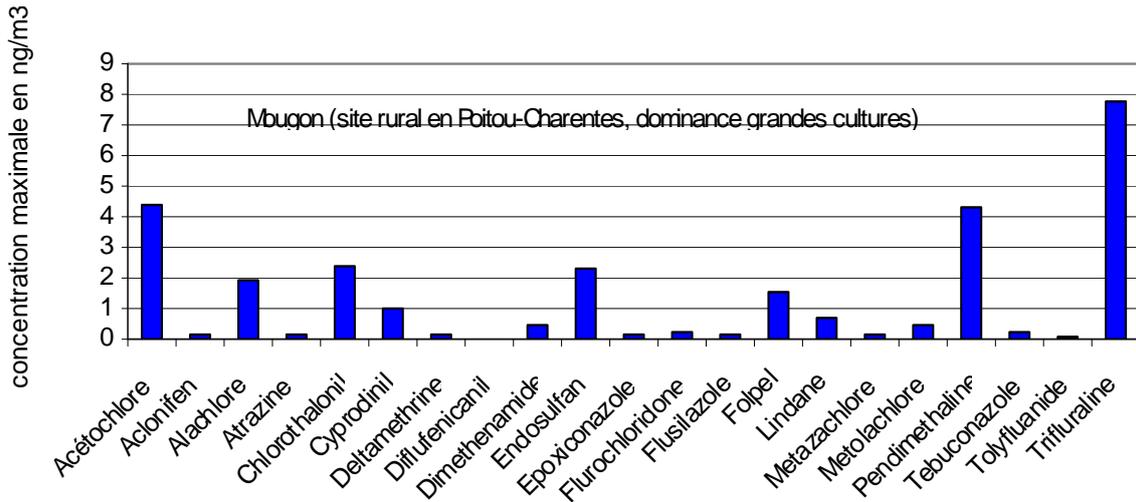
Par contre, les concentrations de fond en milieu rural ou urbain sont de l'ordre de quelques ng/m³, avec des maxima journaliers pouvant atteindre plusieurs centaines de ng/m³.

L'ordre de grandeur des concentrations hebdomadaires maximales mesurées en site de fond par les AASQA est indiqué dans le tableau ci-dessous.

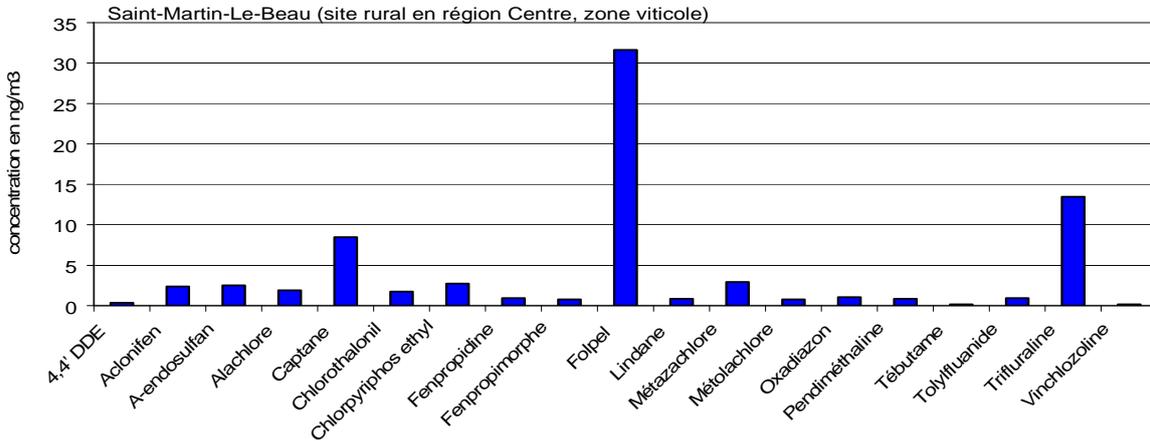
Nature du site étudié	Concentration hebdomadaire maximale en ng/m ³
Urbain	17
Rural grandes cultures	21
Rural vigne	40
Rural arboriculture	55

De façon générale, les niveaux relevés en milieu rural sont plus importants qu'en milieu urbain. En Auvergne, la concentration moyenne des pesticides en Limagne est 1,7 fois plus élevée qu'en milieu urbain (Atmo Auvergne, 2005).

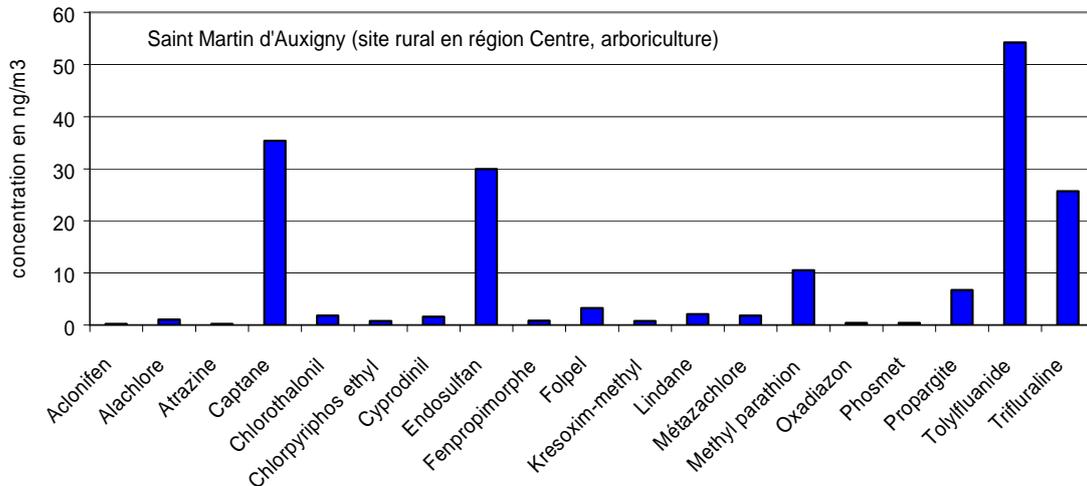
Quelques exemples des niveaux relevés en milieu rural dans les régions françaises selon le type de culture environnant (grandes cultures, vigne et arboriculture) sont indiqués ci-dessous (Fédération Atmo, 2006a).



Concentrations maximales des pesticides rencontrés sur un site à dominance grandes cultures



Concentrations maximales des pesticides rencontrés sur un site à dominance viticole



Concentrations maximales des pesticides rencontrés sur un site à dominance arboriculture

3.4 Lien avec l'activité agricole

La signature agricole est généralement très claire. Les mesures effectuées en zone de grandes cultures (céréales, maïs, tournesol, colza...) traduisent la forte présence des molécules utilisées pour ce type d'activité agricole : trifluraline, alachlore, pendiméthaline... De même, ce sont dans les zones viticoles (par exemple Champagne et Aquitaine) que les concentrations de folpel, fongicide de la vigne, sont les plus fortes. En site à dominante de culture arboricole, les pesticides majoritaires sont le captane, la tolylfluanide (ces deux composés étant absents en site rural auvergnat dans les zones investiguées) et l'endosulfan. En site urbain, les pesticides mesurés sont en partie ceux retrouvés –ou utilisés- sur la zone rurale avoisinante. A La Rochelle par exemple, les concentrations de pesticides sont quasiment nulles lorsque la ville est sous l'influence de masses d'air maritime tandis qu'elles ne sont pas négligeables en cas de vent d'origine continentale (Fédération Atmo, 2006a). Les pesticides se transportent de leur zone d'utilisation vers les zones urbaines, à plus ou moins grande échelle.

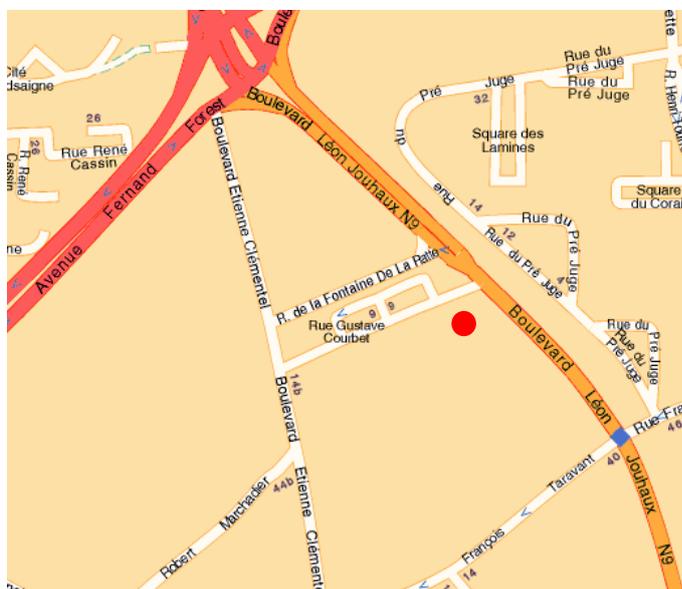
4. Etat des lieux en Auvergne : campagne 2005

4.1 Contexte

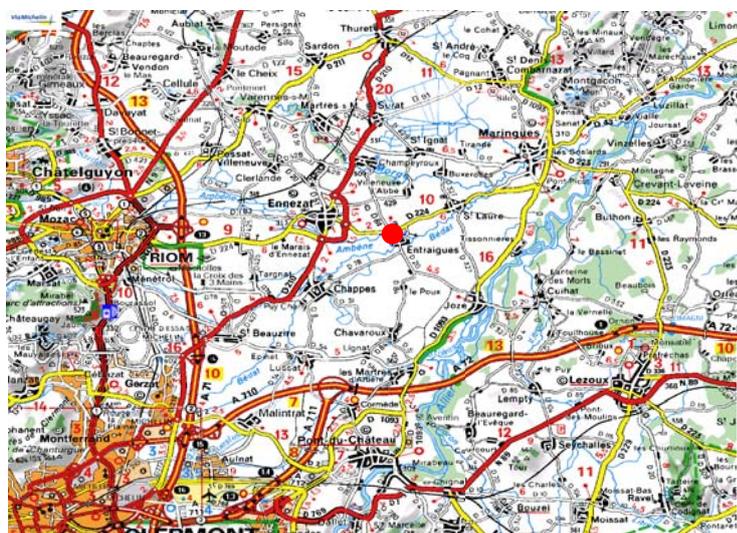
Atmo Auvergne a mené une campagne de mesure des pesticides en Auvergne de mars à octobre 2005. Cette étude, réalisée dans le cadre du PRQA et financée par la DRASS et le Conseil Régional d'Auvergne, a été menée en deux points : un site rural, situé à Entraigues en Limagne nord, et un site urbain localisé à Clermont-Ferrand. Les communes de Clermont-Ferrand et d'Entraigues sont caractérisées par une majorité de grandes cultures (maïs, blé, orge ...) et l'existence de plusieurs autres cultures en quantités voisines (betterave, maraîchage, tournesol ...).

Les prélèvements hebdomadaires ont été effectués à l'aide de deux Partisol. 52 pesticides ont été recherchés, dont 31 % d'herbicides, 26 % de fongicides et 43 % d'insecticides.

Les localisations des sites de prélèvements sont présentées ci-dessous.



Emplacement du point de mesure à Clermont-Ferrand et photo du préleveur



Localisation de la commune d'Entraigues et photo du préleveur

4.2 Résultats

4.2.1 Pesticides détectés

Sur les 52 pesticides recherchés, 20 sont détectés à Montferrand et 17 à Entraigues. 14 composés sont communs aux deux sites.

La liste des pesticides retrouvés, ainsi que leur utilisation est indiquée ci-dessous (données FREDON Auvergne 2005) :

Famille	Substance	Culture
Herbicides	Aclonifen	Maïs, tournesol, légumes
	Alachlore	Maïs
	Dichlobenil	Arbustes d'ornement, utilisation urbaine
	Diflufénicanil	Blé, utilisation urbaine
	Diuron	INTERDIT DEPUIS 2003 sous certaines conditions
	Métazachlore	Tournesol, colza
	Métolachlore	INTERDIT DEPUIS 2003
	Oxadiazon	Soja, utilisation urbaine
	Pendiméthaline	Maïs, ail, légumes, arbustes d'ornement
	Tébutame	INTERDIT DEPUIS 2003
Trifluraline	Colza, céréales, tournesol, légumes	
Insecticides	Carbaryl	Légumes, vergers
	Chlorpyrifos-ethyl	Vergers
	Endosulfan	Pois, légumes, autres
	Lindane	INTERDIT DEPUIS 1998
Fongicides	Chlorothalonil	Tournesol, pois, légumes, utilisation urbaine
	Cyprodinil	Blé
	Epoxiconazole	Blé, betterave
	Fenpropimorphe	Céréales
	Fluzilazole	Céréales, tournesol, colza, betterave
	Folpel	Vigne
Tolyfluanide	Vergers	

Premier constat, trois composés interdits d'utilisation stricte (lindane, métolachlore et tébutame) sont retrouvés dans l'air, sur les deux sites.

4.2.2 Concentrations observées

Les concentrations moyennes et maximales durant la période d'échantillonnage des substances détectées sur les deux sites sont indiquées dans le tableau ci-dessous (les moyennes sont calculées à partir de l'ensemble des valeurs non nulles). La fréquence de détection, tous sites confondus, est également indiquée.

	fréquence de détection supérieure à 75 %
	fréquence de détection comprise entre 25 % et 75 %
	fréquence de détection inférieure à 25 %

Valeurs en ng/m ³	Concentration moyenne à Entraigues	Concentration maximale à Entraigues	Concentration moyenne à Montferrand	Concentration maximale à Montferrand
Alachlore	2.76	10.7	1.08	1.9
Folpel	1.66	1.97	2.25	3.84
Fenpropimorphe	1.13	5.01	0.69	1.72
Metolachlore	1.13	4.06	0.36	0.51
Aclonifen	0.91	0.91	0.8	0.84
Trifluraline	0.9	2.31	0.54	1.23
Chlorpyrifos ethyl	0.85	0.85	0.37	0.98
Endosulfan -a	0.81	0.81	0.55	1.16
Metazachlore	0.71	0.89	0.82	1.29
Chlorothalonil	0.67	2.73	0.78	2.74
Pendimethaline	0.65	0.77	0.58	0.77
Lindane	0.54	1.35	0.44	1.3
Oxadiazon	0.45	1.29	0.37	0.6
Tébutame	0.3	0.49	0.18	0.27
Cyprodinil	0.21	0.21	Présent mais en quantité trop faible pour être quantifié	
Dichlobenil	0	0	0.41	0.7
Diuron	Non détecté		5,00	5,00
Diflufénicanil	Non détecté		1.26	2.25
Tolylfluanide	Non détecté		0.72	0.72
Carbaryl	Non détecté		0.42	0.42
Epoxiconazole	Non détecté		0.34	0.45
Fluzilazole	Présent mais en quantité trop faible pour être quantifié		Non détecté	

La trifluraline (herbicide) et le lindane (insecticide, interdit depuis 1998 en France) sont les deux substances les plus souvent détectées, comme dans d'autres régions. Des études (Scheyer, 2004) ont montré qu'après l'application, la trifluraline peut se volatiliser jusqu'à 90 % au bout d'une semaine.

4.2.3 Evolution temporelle et lien avec le calendrier des usages

L'évolution temporelle du nombre de pesticides détectés montre que ce nombre est plus élevé en mai et juin, lors des périodes d'épandage important. En milieu urbain comme en milieu rural, le nombre maximal de pesticides identifiés durant la même semaine est de 10 substances différentes.

Pour une majorité des composés, la période de présence dans l'atmosphère coïncide avec la période d'utilisation. On peut observer parfois un décalage dans le temps de quelques semaines, qui peut s'expliquer pour partie par le fait que la fin de l'hiver 2004 a été rigoureuse, le froid et la neige ayant ainsi retardé le départ de la végétation.

La présence du **métolachore**, au niveau des deux sites, serait probablement due à une utilisation frauduleuse de cette molécule, étant donné sa récente interdiction en janvier 2004 et l'importance de ses pics de détection au cours de sa période d'utilisation.

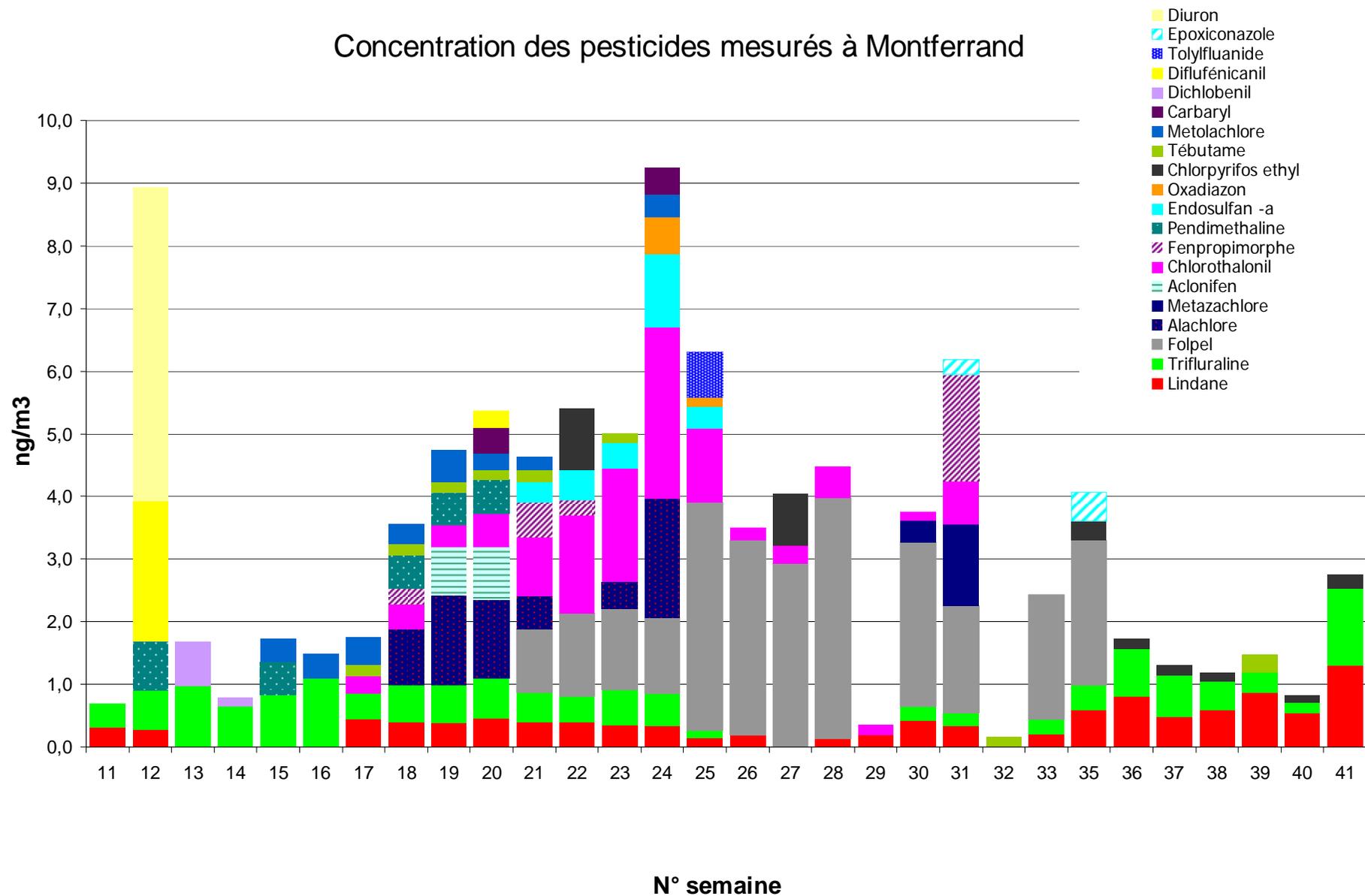
Le **lindane** et la **trifluraline** se retrouvent dans la quasi-totalité des échantillons sur les deux sites. Le **tébutame**, molécule interdite depuis 2003, est également mesuré en dehors des périodes d'utilisation (observées avant son interdiction). Sa présence atmosphérique est ainsi due soit à un épandage frauduleux, soit à une rémanence importante.

Le composé dont la concentration est la plus élevée à Entraigues est l'**alachlore**, herbicide du maïs interdit pour les usages non-agricoles, retrouvé également en milieu urbain, mais à des niveaux 2,6 fois plus faibles. Ici encore, autant en terme de différence de niveaux de concentrations entre milieux urbain et rural qu'en terme de période de présence (composé retrouvé uniquement au printemps), l'utilisation agricole est clairement à l'origine de la présence de ce composé dans l'air, qui n'est plus mesuré hors des périodes d'épandage. Les teneurs maximales en alachlore sont plus élevées en Auvergne que dans d'autres régions.

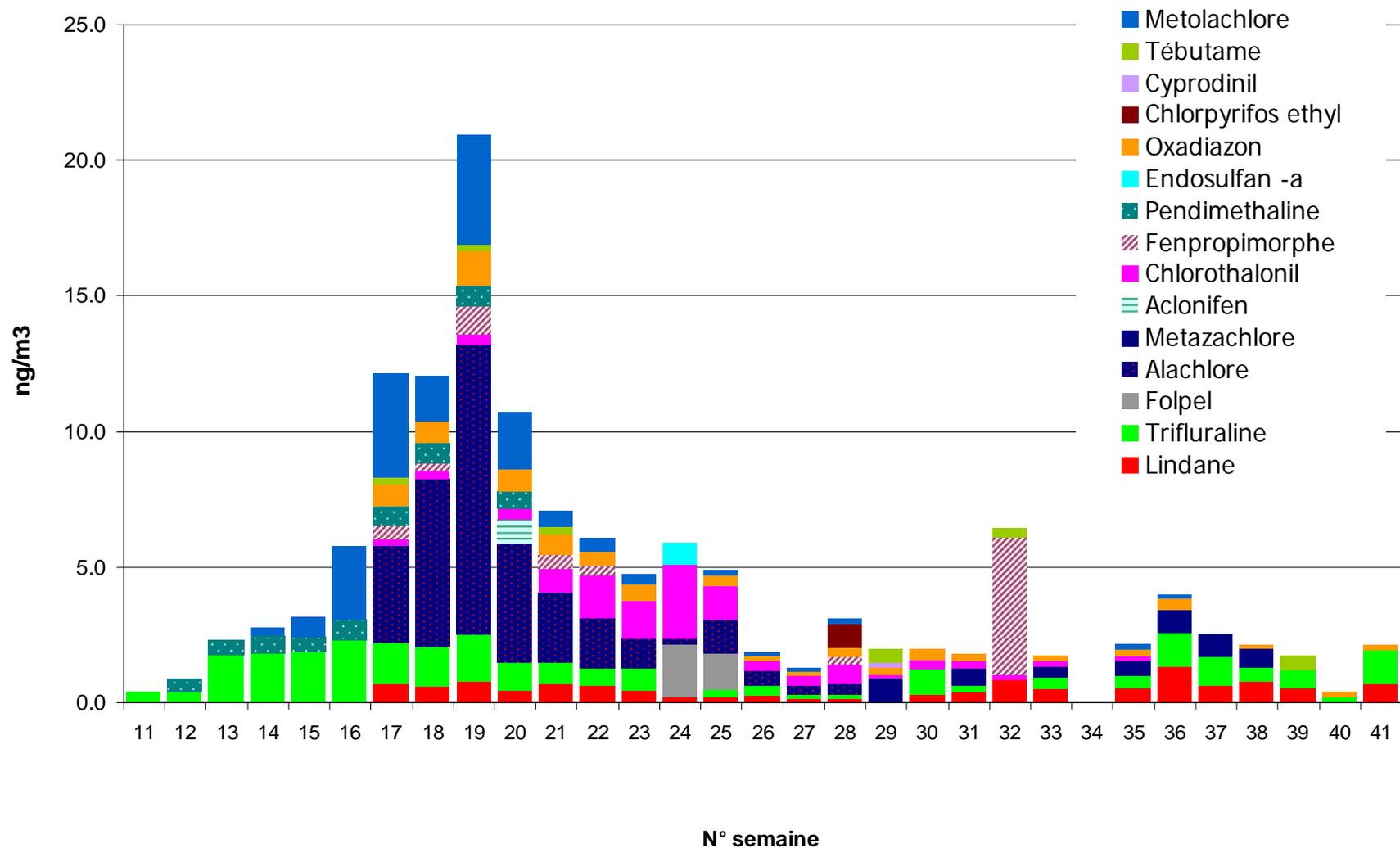
Les molécules qui ont une utilisation urbaine telles que le **chlorothalonil** et l'**oxadiazon** sont présentes en dehors de ce qui est indiqué dans le calendrier des usages agricoles. A Entraigues, l'oxadiazon se retrouve dans l'air de juin à octobre alors que son utilisation par les agriculteurs est terminée depuis la mi-juin, tandis que le chlorothalonil, fongicide, reste présent un mois après la période d'utilisation théorique.

Les graphiques ci-après indiquent la variation temporelle des pesticides mesurés sur les deux sites.

Concentration des pesticides mesurés à Montferrand



Concentration des pesticides mesurés à Entraigues



4.2.4 Différences entre les deux sites

Le ratio entre les moyennes sur les deux sites montre que les teneurs sont généralement plus élevées en milieu rural : sur les 14 substances en commun, 11 ont des concentrations moyennes plus élevées en milieu rural (1.7 fois plus élevées en moyenne). Par contre, 3 substances ont des concentrations plus élevées à Montferrand (1.2 fois plus élevées en moyenne). Il s'agit du métazachlore, du chlorothalonil, du folpel. Alors que la concentration maximale rencontrée à Entraigues, qui est celle de l'alachlore, dépasse les 10 ng/m³, le maximum à Montferrand (pour le Diuron) atteint, lui, 5 ng/m³. Du fait du choix de la méthode de calcul des concentrations moyennes (somme des valeurs divisée par le nombre de semaines de présences et non par la durée totale de la campagne) la forte concentration du diuron est à mettre au regard de sa très faible fréquence de détection, soit 3%. A contrario, le folpel dont la concentration moyenne est de 2.26 ng/m³, est lui présent 40% du temps. De même, tandis que la somme des concentrations de tous les composés est d'environ au maximum 21 ng/m³ à Entraigues, elle est de moins de 10 ng/m³ en milieu urbain.

Pour les pesticides dont les teneurs sont plus élevées à Entraigues, aucune corrélation n'a été trouvée entre les concentrations des substances sur les deux sites. Cette constatation qu'il conviendrait de relier avec les directions des vents, a ainsi peu de sens pour des observations hebdomadaires. Cependant, l'utilisation de certains pesticides - servant sur les grandes cultures qui représentent un fort pourcentage des surfaces cultivées dans la zone d'étude, ou ayant un spectre d'usage très large – étant vraisemblablement commune aux agriculteurs locaux, ceci souligne la multiplicité des sources et l'influence nette des utilisations de proximité immédiate.

Ainsi, la comparaison des deux sites montre que les pesticides sont plus diversifiés en milieu urbain, et ont des concentrations moyennes généralement plus élevées en milieu rural.

5. Etat des lieux en Auvergne : Résultats de la campagne 2006 dans le Cantal

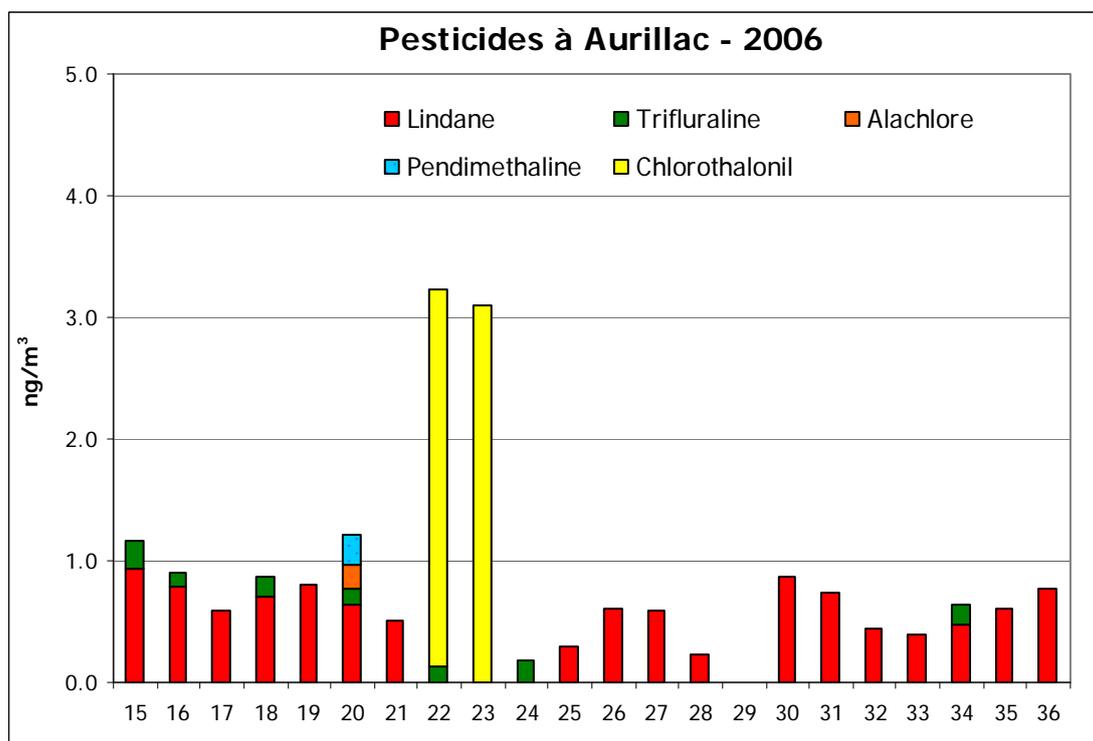
En 2006, Atmo Auvergne a organisé une seconde campagne de mesure des pesticides, financée à nouveau par la DRASS et le Conseil Régional d'Auvergne.

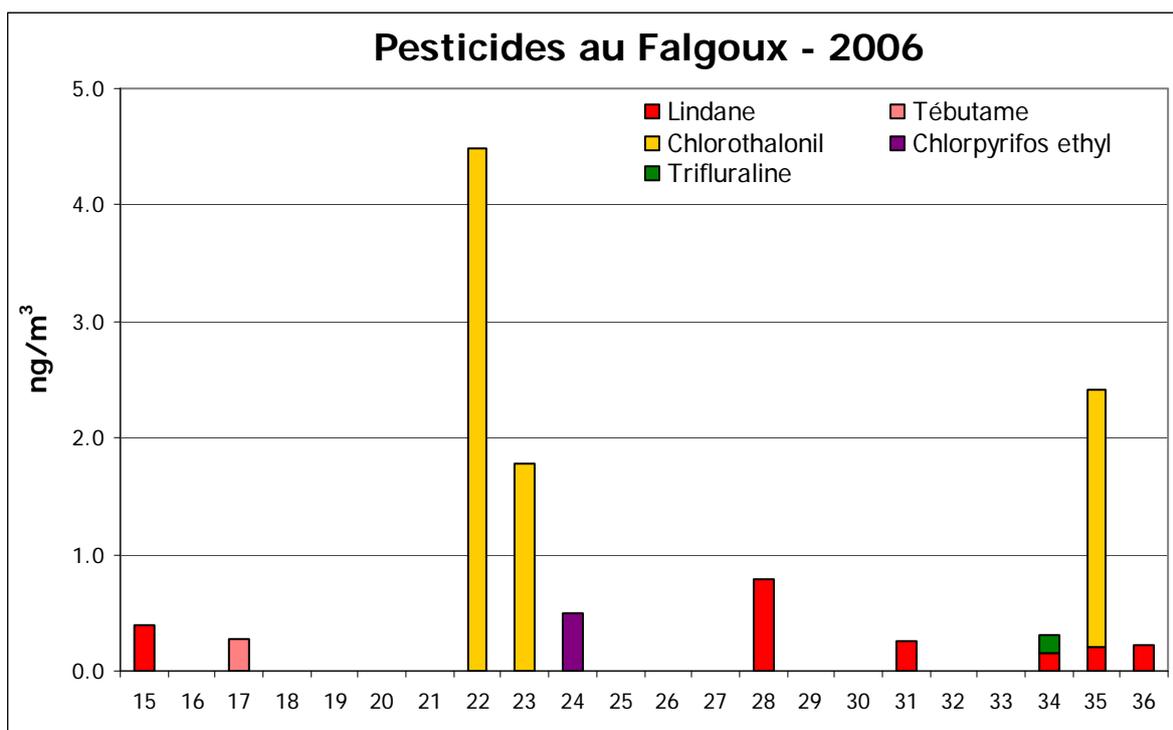
L'objectif est de tenter de répondre à deux questions soulevées lors de la première étude : Les villes auvergnates sont-elles contrastées en terme de concentrations de produits phytosanitaires dans l'air ambiant ? L'atmosphère, qui n'a jamais été trouvée exempte de pesticides d'après l'ensemble des études menées en France, en contient-elle même dans une zone éloignée de toute source ?

Pour répondre à ce double questionnement, la campagne de mesure s'est déroulée dans le Cantal, à Aurillac (site urbain peu exposé à la pollution agricole) et au Falgoux (site rural au pied du Puy Mary), de mi-avril à mi-septembre 2006.

Plusieurs coupures de courant et un problème de prélèvement ont entraîné l'invalidation des données de la semaine 29 à Aurillac, ainsi que des semaines 12, 13 et 19 au Falgoux.

Les graphiques ci-dessous présentent les concentrations des pesticides sur les deux sites cantaliens de la semaine 15 à la semaine 36 :





Les résultats sur les 22 semaines de prélèvement montrent une diversité beaucoup moins importante des pesticides mesurés en 2006 dans le Cantal qu'en 2005 sur les sites de mesure du Puy-de-Dôme, en milieu urbain comme en milieu rural. L'ordre de grandeur des concentrations est également plus faible, avec un maximum de 4,5 ng/m³ pour le chlorothalonil au Falgoux. Sept molécules différentes ont été détectées sur l'ensemble des deux sites (le Cyprodinil et le Dichlobenil n'ont pu être quantifiés).

La fréquence de détection de la trifluraline à Aurillac est d'environ 60% (13 fois détecté sur les 22 semaines de prélèvement), contrairement au Falgoux où elle n'a été détectée qu'une seule fois.

La fréquence de détection du lindane est supérieure à 80 % à Aurillac, tandis qu'elle est faible au Falgoux (environ 30%).

Globalement le site du Falgoux présente des fréquences de détection de pesticides beaucoup plus faibles, avec des substances (quelles qu'elles soient) relevées dans l'air dans environ un tiers des prélèvements. Cette observation optimiste est à pondérer par deux informations : tout d'abord, les techniques de mesure des produits phytosanitaires sont en constante évolution et l'absence de pesticides dans le prélèvement analysé ne signifie pas que l'atmosphère en est totalement dépourvue ; ensuite, le site du Falgoux a été choisi par le comité de pilotage comme « point zéro » pour son éloignement de toute source a priori. Or il n'est néanmoins pas exempt de pesticides dans l'air, puisque 5 molécules différentes y ont été détectées.

6. Impact sanitaire

6.1 Impact des pesticides sur la santé

Le lien entre pesticides et santé est devenu aujourd'hui un véritable enjeu de santé publique. La commercialisation d'une nouvelle substance est désormais soumise à une procédure rigoureuse d'homologation, qui évalue les risques pour l'environnement et la santé humaine en fonction des bénéfices du nouveau produit. Toutefois, comme pour d'autres substances chimiques, il est indispensable de chercher à connaître les effets néfastes susceptibles d'être induits par une exposition aux produits phytosanitaires.

Les pesticides regroupent un nombre très important de substances dont la toxicité et les effets sur la santé sont variables.

L'intoxication aiguë ne concerne très généralement que les populations exposées professionnellement, la voie d'exposition étant dans ce cas l'inhalation ou le contact. Dans la population générale, c'est la voie orale qui prédomine, par ingestion intentionnelle ou accidentelle de produits phytosanitaires. Les effets les plus couramment observés sont des nausées, des vomissements, des irritations cutanées ou oculaires, des effets neurologiques, des troubles hépatiques et plus rarement des intoxications sévères pouvant conduire au coma ou à la mort.

Au-delà des ces intoxications aiguës, les pesticides sont suspectés d'avoir également des effets sur la santé liés à une exposition chronique : cancers, troubles de la reproduction et neurologiques.

6.1.1 Pesticides et cancer

A l'exception des lymphomes, les liens entre exposition aux pesticides et cancer chez l'adulte sont controversés (Boffetta, 2006). Par contre, chez l'enfant, des associations entre certaines pathologies telles que les tumeurs cérébrales et les leucémies et l'exposition de l'enfant ou de la mère durant sa grossesse sont fréquemment retrouvées (ORSB, 2001).

6.1.2 Pesticides et reproduction

Plusieurs effets potentiels des pesticides sur la reproduction ont été étudiés : infertilité masculine ou féminine, mortalité fœtale, prématurité, retard de croissance intra-utérin, malformation congénitales. L'excès de risque de l'ensemble de ces phénomènes est mis en avant dans plusieurs études (ORSB, 2001).

6.1.3 Pesticides et troubles neurologiques

Cette thématique de recherche est récente et le lien entre l'utilisation des pesticides et la survenue de la maladie de Parkinson fait actuellement l'objet de nombreux travaux.

6.2 Evaluation des risques sanitaires à partir de la campagne 2005 en Auvergne

Atmo Auvergne a mené en collaboration avec la DRASS d'Auvergne une évaluation des risques sanitaires basée sur les résultats de la campagne 2005. L'objectif était d'essayer de déterminer le risque que peuvent représenter les molécules mesurées pour les populations exposées, c'est-à-dire la probabilité que survienne un effet néfaste suite à l'exposition à ces molécules. Les effets chroniques et par inhalation, qui correspondent à des effets résultants d'une exposition aérienne de longue durée, ont été étudiés.

Pour évaluer la dose d'exposition aux produits phytosanitaires à Entraigues et Clermont-Ferrand, la quantité totale de pesticides identifiés pendant les 30 semaines a été rapportée

sur une année puis appliquée sur 70 ans. Ceci impose l'hypothèse que les concentrations obtenues durant la campagne de mesure 2005 se répèteraient toute la vie durant. Par ailleurs, le manque de données toxicologiques de référence pour la voie respiratoire est au nombre des difficultés majeures rencontrées pour mener à bien une évaluation quantitative. Cette situation a conduit à faire des choix délicats et arbitraires, en prenant le risque de s'appuyer sur les valeurs toxicologiques de référence disponibles pour la voie orale (qui diffèrent pour les effets à seuil, c'est-à-dire non cancérigènes et pour les effets sans seuil, cancérigènes), sans pouvoir toujours appréhender la justesse de cette extrapolation. Enfin, l'évaluation de risques a été conduite uniquement pour les pesticides dont la fréquence de détection est élevée, afin de supprimer les événements purement accidentels ou rares qui présentent donc peu d'intérêts lorsque l'on s'intéresse aux effets chroniques. Ainsi, seules 10 substances actives sur la vingtaine mesurée ont pu faire l'objet d'une évaluation de risques.

Pour les effets à seuil, les quotients de danger calculés pour une exposition par inhalation à partir des concentrations dans l'air ambiant mesurées individuellement à Entraigues et Clermont-Ferrand font ressortir des valeurs comprises entre 8.10^{-7} (Pendiméthaline) et 2.10^{-2} (Lindane), soit des quotients qui ne traduisent pas une capacité des pesticides investigués à provoquer isolément des effets néfastes.

Concernant les effets sans seuil, la caractérisation du risque lié à une exposition à des substances cancérigènes s'exprime par un Excès de Risque Individuel. Cet ERI représente la probabilité que l'individu a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie entière du fait de l'exposition considérée. Dans la littérature internationale (OMS et US EPA) l'excès de risque individuel ne doit pas dépasser se situe entre 10^{-5} et 10^{-6} c'est-à-dire que la probabilité théorique qu'une personne donnée développe un cancer d'un type donné lié à une exposition durant sa vie entière à la substance considérée est comprise entre 1/100 000 et 1/1 000 000. Dans le cas de l'étude réalisée à partir des données de la campagne 2005 en Auvergne, les excès de risques individuels calculés pour une exposition par inhalation possèdent des valeurs comprises entre 2.10^{-10} (Chlorothalonil) et 2.10^{-7} (Lindane), soit une probabilité de développer une affection cancéreuse pour une personne exposée à chacune des substances prise individuellement inférieure à 1/1 000 000, par référence aux seuils d'acceptabilité.

Ainsi, même avec les hypothèses les plus maximalistes, les effets de l'exposition chronique par inhalation aux molécules étudiées restent malgré tout en dessous des seuils d'acceptabilité communément admis.

Il a été intéressant de constater que le lindane, qui est susceptible d'avoir des effets non cancérigènes au niveau hépatique et rénal et d'être à l'origine de cancers du foie, est responsable du risque par inhalation le plus important qu'il a été possible d'appréhender dans cette étude (même si celui-ci reste encore faible selon les références disponibles). Or cette substance active est présente dans l'air alors que son utilisation a cessé depuis 1998. Le décalage ainsi mis en évidence entre les usages et les effets sanitaires qui en résultent constitue sans doute un enseignement important tiré des travaux.

Les limites de la démarche entreprise sont nombreuses et clairement posées (cf. Rumeau A., 2006) et doivent impérativement être soulignées. Il ressort de cette étude que l'amélioration des connaissances et des techniques ainsi qu'un recul plus important sur les pesticides en milieu aérien sont nécessaires afin d'avoir une plus grande représentativité du risque que représentent les produits phytosanitaires.

6.3 Autres évaluations des risques en France

Parallèlement, d'autres études d'impact sanitaire ont été menées en France sur les pesticides, notamment par l'Institut de Veille Sanitaire.

Une évaluation des risques sanitaires liés aux pesticides utilisés contre la pyrale du maïs dans la vallée de l'Adour a été menée en 2006 à l'initiative de l'INVS (Pouey et Rivières, 2006). Les résultats ne suggèrent pas de risque sanitaire lié à l'exposition aux substances actives quel que soit le type de traitement utilisé. Cependant, des réserves doivent être faites quant aux valeurs toxicologiques de référence utilisées, qui ne concernent pas la voie respiratoire et ne sont donc pas adaptées à l'exposition par voie aérienne. De plus l'évaluation des risques sanitaires à l'égard des solvants usités n'a pu être menée à son terme par manque de données toxicologiques et de mesures suffisamment précises. Plusieurs recommandations ont été proposées : une meilleure information des populations riveraines, à l'initiative de cette évaluation des risques, sur les traitements phytosanitaires réalisés à proximité de leur résidence; l'utilisation des techniques adéquates permettant de minimiser la dérive des particules ou leur remise en suspension; sur un plan scientifique, le développement de VTR adaptées pour la voie respiratoire.

L'INVS a par ailleurs montré la nécessité de conduire des études sur l'exposition de la population par la voie aérienne, qui reste à l'heure actuelle peu documentée (INVS, 2006). En effet, il est apparu indispensable de recenser les valeurs toxicologiques de référence disponibles, de définir leur pertinence et leurs modalités d'application, ainsi que de connaître l'exposition aux pesticides de la population en fonction des sources d'exposition (alimentation, eau, air intérieur et extérieur, poussières). Enfin, une réflexion sur la construction d'indicateurs de surveillance de la contamination aérienne par les phytosanitaires doit être poursuivie.

6.4 L'indice Phyto, un indicateur global de la pollution phytosanitaire dans l'air ?

Depuis deux ans, l'association Lig'air mène une réflexion visant à construire un indicateur global de la pollution de l'air par les pesticides, à l'instar de l'indice Atmo utilisé par les AASQA pour qualifier la qualité de l'air à partir des mesures de quatre polluants normés. Cet indicateur, appelé « indice Phyto », a pour but de comparer différents sites de mesure entre eux ainsi que de normaliser le risque sanitaire par rapport à la substance active la plus dangereuse en un lieu donné (Fédération Atmo, 2006b).

La méthode utilisée est similaire à celle servant pour les dioxines, où l'indice TEQ (Toxic Equivalent Toxicity) est calculé à partir d'un facteur d'équivalence de toxicité basé sur la tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD), considérée comme la plus dangereuse.

L'indice Phyto représente la somme du produit entre la concentration de chaque pesticide dans l'air (C_i) et son coefficient de toxicité (T_i) normalisé par rapport au pesticide le plus toxique mesuré dans l'air par Lig'air à ce jour, qui est l'ethoprophos.

$$IndicePhyto = \sum_{i=1}^n C_i \times T_i$$

Où

n= nombre de pesticides mesurés

C_i = concentration hebdomadaire de chaque pesticide (ng/m^3)

T_i = coefficient de toxicité (sans dimension).

Ce coefficient de toxicité est égal au quotient entre la Dose Journalière Admissible (DJA) du composé le plus toxique (jusqu'à présent, l'ethoprophos dont la DJA vaut 0.0003 g/kg/jour) et la DJA du pesticide considéré :

$$T_i = \frac{DJA(ethoprophos)}{DJA_i}$$

La DJA représente la quantité d'une substance que l'on peut ingérer durant toute une vie sans risque appréciable pour la santé. L'indice Phyto, parce qu'il est basé sur cette DJA, donne une information sur la toxicité chronique.

Les travaux de Lig'air montrent que cet indice peut être pertinent, notamment parce qu'il permet de comparer les sites de mesure les uns aux autres et qu'il a ainsi pu faire apparaître qu'un site urbain pouvait être plus exposé qu'un site rural, contrairement à ce que pouvait laisser supposer les ordres de grandeur des concentrations mesurées.

Par contre, la DJA est à l'heure actuelle le seul paramètre toxicologique qui soit disponible pour un grand nombre de substances, mais elle est basée sur l'ingestion et non sur l'inhalation.

Ainsi, bien que cet indicateur soit imparfait, les premiers résultats de son application sont encourageants et permettent d'avoir une idée de la toxicité chronique à laquelle la population peut être exposée.

7. Comment réduire la pollution de l'air par les pesticides ?

Trois objectifs peuvent être poursuivis afin de diminuer la pollution de l'air par les pesticides (INRA-CEMAGREF, 2005) :

- limiter leur dispersion pendant et après l'application,
- réduire leur consommation par un raisonnement accru de leur utilisation,
- réduire leur consommation par des systèmes de culture limitant les risques phytosanitaires.

7.1 Réduire la dispersion dans l'air pendant et après l'application

L'amélioration des conditions d'application des pesticides, ainsi que le respect de celles-ci permet de réduire les pertes **lors de l'épandage**. Les propriétés des préparations phytosanitaires commerciales peuvent également être optimisées.

Les caractéristiques des buses d'application influent directement sur la taille des gouttelettes créées : plus elles sont petites, plus longtemps elles restent en suspension dans l'air et plus le risque de dérive est grand. L'abaissement de la rampe du pulvérisateur réduit la hauteur de chute des gouttelettes et peut atténuer la dérive. L'optimisation des réglages et du choix des techniques d'épandage permet ainsi de limiter la dispersion lors de l'application.

Le respect des conditions d'application est essentiel pour limiter l'intensité des pertes. Un vent trop fort, des températures élevées, une faible humidité relative, des courants d'air thermique ascendant ou la prévision d'un épisode pluvieux sont des facteurs qui peuvent augmenter les risques de dérive.

Des études menées en grande culture et en viticulture ont montré qu'avec une optimisation des réglages et un respect des conditions d'utilisation, la dose homologuée pourrait être réduite de 15 à 30 % sans perte d'efficacité.

La présence d'adjuvants ajoutés à la matière active vise à améliorer l'efficacité du produit, mais ils peuvent avoir des effets contradictoires en favorisant le transfert vers l'un ou l'autre des compartiments environnementaux : par exemple, un produit de traitement foliaire dont le taux de pénétration est augmenté pour limiter le lessivage des feuilles pourra se volatiliser plus facilement.

En **post-application**, les principes permettant de limiter le transfert des pesticides vers les eaux et de piéger les fuites éventuelles sont relativement bien connus : apport d'amendements organiques favorisant l'activité microbienne de dégradation, maintien d'un couvert végétal, création de zones tampons enherbées, fossés, bandes boisées et haies. Parmi ces techniques, seules celles limitant également l'érosion éolienne influent sur les flux vers l'atmosphère (par exemple, création d'une haie sur un talus).

7.2 Raisonner l'utilisation

Cette action tactique consiste à utiliser les pesticides en se basant sur « la nécessité objectivement mesurée d'en employer uniquement dans un contexte précis » (INRA-CEMAGREF, 2005). Elle passe notamment par le choix du produit le plus adapté, l'amélioration de l'efficacité du traitement (choix pertinent de la période et de la méthode d'application) ainsi que la gestion des risques d'apparition de résistances. Cette utilisation raisonnée ne peut se mettre en place qu'avec l'implication de l'agriculteur qui améliorera ses capacités de diagnostic grâce à la formation et au conseil.

7.3 Réduire l'usage de pesticides par le type de culture

L'agriculture biologique représente l'objectif le plus ambitieux de cette action, l'usage de pesticides de synthèse étant totalement proscrit. Son existence prouve qu'un tel système de culture est possible, tout en sachant que le rendement à l'hectare peut être plus faible que celui de l'agriculture « conventionnelle ».

En dehors de l'agriculture biologique qui s'affranchit totalement des pesticides, leur utilisation peut être diminuée en choisissant, pour certains ravageurs, d'autres voies de lutte existantes : lutte biologique par introduction d'ennemis des agresseurs (coccinelle contre pucerons, parasites contre les insectes...), lutte biotechnique utilisant des produits d'origine biologiques non-vivants (phéromones perturbant la reproduction sexuelle des insectes sur les arbres fruitiers) et enfin lutte physique (désherbage thermique, mise en place de filets contre les insectes, paillage du sol contre les mauvaises herbes....

8. Conclusion

Les études menées en France depuis quelques années montrent la présence de pesticides dans l'air, en milieu rural comme en milieu urbain. Le transport de la pollution agricole vers les villes a été observé. La pratique agricole au voisinage des sites de mesure influe fortement sur le type de pesticides mesurés, sur leur concentration ainsi que sur la variation saisonnière des teneurs dans l'atmosphère.

Le passage des pesticides dans l'air se fait par plusieurs voies : dérive lors de l'épandage, volatilisation en post-application à partir du sol ou de la plante, et érosion. Ces trois processus dépendent de divers paramètres (caractéristiques physico-chimiques propres au pesticide, type d'application, météorologie...) et la présence de produits phytosanitaires dans le compartiment aérien est ainsi le résultat de multiples facteurs.

Du fait de leur impact sur l'homme et l'environnement, les pesticides sont devenus une préoccupation croissante et un enjeu de santé publique majeur. Leur mesure dans l'atmosphère, quasi inexistante en Europe, s'est développée en France depuis quelques années sous l'impulsion des associations agréées de surveillance de la qualité de l'air, qui multiplient les études sur le territoire national.

Depuis 2005, Atmo Auvergne s'est investie dans la mesure des produits phytosanitaires dans l'atmosphère et a mené des campagnes de mesure dans deux départements de la région.

L'étude réalisée en 2005 à Clermont-Ferrand indique qu'à une signature agricole peut s'ajouter, en ville, une composante urbaine qui engendre une grande diversité des molécules présentes. Néanmoins, dans le Puy-de-Dôme comme dans toutes les régions françaises échantillonnées, le milieu rural reste plus exposé en terme de niveaux de concentrations.

Certains produits phytosanitaires, pourtant interdits depuis plusieurs années, sont mesurés de façon quasi continue, tels que le lindane ou parfois le 4,4' DDE (métabolite du DDT, observé en région Centre).

La deuxième campagne de mesure réalisée par Atmo Auvergne en 2006 a eu pour premier objectif d'observer si les villes Auvergnates étaient contrastées en terme de concentrations de produits phytosanitaires dans l'air ambiant. Elle s'est attachée à mesurer les pesticides à Aurillac, milieu urbain a priori peu exposé à la pollution agricole, le Cantal étant surtout une zone d'élevage. Le deuxième objectif était de savoir si l'atmosphère est totalement dépourvue de pesticides dans une zone éloignée de toute source. Les résultats des mesures au Falgoux à proximité du Puy-Mary révèlent que cela n'est pas le cas, bien que les concentrations relevées restent d'un ordre de grandeur relativement faible.

Afin de limiter les niveaux de pesticides dans l'atmosphère, la réflexion menée par l'INRA et le CEMAGREF en 2005 a abouti à plusieurs propositions qui peuvent se résumer en trois axes :

- Limiter le passage dans l'air pendant et après l'application.
- Raisonner l'utilisation.
- Favoriser des systèmes de cultures peu gourmands en produits phytosanitaires ou utiliser des produits respectueux de notre environnement.

Bibliographie

AIRAO, Produits phytosanitaires dans l'air ambiant, 2003

AIRAO, Campagne de mesure des produits phytosanitaires dans l'air ambiant sur la commune de Rauzan (33), 2005.

AIR BREIZH, Mesure des pesticides dans l'air ambiant en milieu urbain, 2003.

AIR BREIZH, Campagne de mesure des produits phytosanitaires à Rheu et Vezin-le-coquet (35), 2004.

AIR BREIZH, Campagne de mesure des produits phytosanitaires à Mordelle (35) et Pontivy (56), 2005.

ASQAB, Les pesticides dans l'air franc-comtois : état des lieux, état des connaissances, 2005.

ATMO AUVERGNE, Mesure de pesticides dans la région de Clermont-Ferrand, 2005.

ATMO CHAMPAGNE-ARDENNES, Evaluation des teneurs en produits phytosanitaires de l'air en zone viticole champenoise : étude de la dispersion et persistance des produits phytosanitaires dans l'air, 2005.

ATMO POITOU-CHARENTES, Suivi des concentrations de pesticides dans l'air sur la communauté d'agglomération de Poitiers : comparaison entre 2003 et 2004, 2005.

Bedos C., Cellier P., Calvet R., Barriuso E., et Gabrielle, B., Mass transfer of pesticides in the atmosphere by volatilization from soils and plants: overview, *Agronomie* 22, pp 21-33, 2002a.

Bedos C., Cellier P., Calvet R., et Barriuso E., Occurrence of pesticides in the atmosphere in France, *Agronomie*, 22, pp 35-48, 2002b.

Boffetta, P., Human cancer from environmental pollutants: the epidemiological evidence, *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 608, pp 157-162, 2006.

Fédération Atmo, Contamination de l'air par les pesticides : nouvelle composante de la pollution de l'air, dans *Revue officielle de la fédération nationale des AASQA*, 2006a.

Fédération Atmo, L'indice Phyto, dans *Revue officielle de la fédération nationale des AASQA*, 2006b.

FREDON. Liste des substances actives phytosanitaires à rechercher prioritairement dans les eaux de la région Auvergne, étude SIRIS, 2005.

Gil, Y. et Sinfort, C., Emission of pesticides to the air during sprayer application: a bibliographic review, *Atmospheric Environment*, 39, pp 5183-5193, 2005.

INERIS, Bulletin de veille : le devenir des POP dans l'environnement, 2006.

INRA-CEMAGREF, Expertise scientifique collective, Pesticides, agriculture et environnement : Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux, 2005.

INVS, Exposition aérienne aux pesticides des populations à proximité de zones agricoles, Bilan et perspectives du programme régional intercirc, 2006.

Li J., Zhu T., Wang F., Qiu X.H. and Lin W.L., Observation of organochlorine pesticides in the air of the Mt. Everest region, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 63, pp 33-41, 2006.

LIGAIR, Rapport d'étape : étude de la contamination de l'air par les produits phytosanitaires en région Centre, 2003.

LIGAIR, Contamination de l'air par les produits phytosanitaires en région Centre, campagne 2005, 2005.

Pouey J., Rivières S., Evaluation quantitative des risques sanitaires utilisés dans la lutte contre la pyrale du maïs, vallée de l'Adour, étude de faisabilité. InVS, CIRE Midi-Pyrénées. 2006.

Ravier I., Haouisee E., Clement M., Seux R., Briand O., Field experiments for the evaluation of pesticide spray-drift on arable crops, *Pest management Science*, 61, pp 728-736, 2005.

Rumeau, A., Evaluation des risques sanitaires des pesticides détectés dans l'air lors de la campagne de mesure d'Atmo Auvergne en 2005, rapport de stage, 2006.

Scheyer A., Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuse, particulaire et liquide de l'atmosphère. Application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie, Thèse de l'Université de Strasbourg, 2004.