



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

Pesticides dans l'air ambiant

Fabrice MARLIERE

*Unité Qualité de l'Air
Direction des Risques Chroniques*

décembre 2001

Pesticides dans l'air ambiant

Ce document comporte 23 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Fabrice MARLIERE	Rémi PERRET	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur Qualité de l'Air	Responsable Unité AIRE	Responsable LCSQA
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. RESUME	4
2. INTRODUCTION	6
3. COMPLEMENT BIBLIOGRAPHIQUE : COMPORTEMENT DES PESTICIDES DANS L'ENVIRONNEMENT	7
3.1 Volatilisation pendant et après épandage : transport atmosphérique [1]	8
3.2 Retombées atmosphériques.....	15
3.3 Formation des métabolites de pesticides et leur devenir dans l'environnement	19
4. LISTE DE PESTICIDES	23
4.1 Constitution de la liste	23
5. PHASE EXPÉRIMENTALE	26
5.1 Rappel du matériel utilisé	26
5.2 Conditionnement des supports avant utilisation	28
5.3 Essais en laboratoire.....	28
6. CAMPAGNE DE MESURES	37
6.1 Campagne de Montpellier	37
6.2 Campagne Champagne-Ardenne	50
7. CONTACTS	51
8. REFERENCES	54

1. RESUME

Les travaux concernant les pesticides dans l'air réalisés en 2001 se situent dans la continuité de ceux entrepris en 2000.

Ils ont consisté à :

- compléter les éléments bibliographiques présentés en 2000 par des données concernant l'ensemble des phénomènes intervenants dans le transfert et le transport des pesticides vers l'atmosphère. Globalement, les phénomènes de dérive, de volatilisation, de transport ou de dégradation sont dépendants de nombreux paramètres qui interagissent entre eux et on peut retenir les principaux éléments suivants :
 - la dérive de traitement est un phénomène ponctuel fonction de la formulation appliquée, des caractéristiques de volatilité des substances impliquées, de la qualité de la nébulisation, mais aussi des conditions météorologiques (température ambiante, stabilité de l'atmosphère,...).
 - la dérive post-application (ou revolatilisation) est un phénomène continu qui dépend de la volatilité de la matière active, de la qualité du sol (teneur en matière organique, teneur en eau), des conditions météorologiques, mais aussi des conditions de la pulvérisation.
 - les retombées atmosphériques sont liées au lessivage de la phase vapeur par la pluie, l'adsorption sur les particules en suspension et l'agglomération de particules très fines.
 - la dégradation des produits phytosanitaires dans l'environnement résulte de réactions complexes et multiples. Elles font appel aux radicaux libres, aux oxydants puissants comme l'ozone.

- poursuivre le recueil de données sur les substances utilisées en France et arrêter une liste d'une vingtaine de substances au terme d'une consultation d'experts et de professionnels du domaine « pesticides ». Cette liste constitue une première étape qu'il était nécessaire de valider relativement rapidement afin d'engager les travaux expérimentaux, cependant, son contenu sera réexaminé en fonction des résultats obtenus dans les campagnes de mesures, et de l'évolution de l'utilisation des pesticides en France.

- Tester la reproductibilité des méthodes d'analyses mises en œuvre (dont celles de l'INERIS) par la réalisation d'une intercomparaison avec quelques laboratoires. Cet exercice a été réalisé sur la base de notre liste de substances à rechercher. Les résultats obtenus présentent une dispersion assez importante. Ils permettent de dégager dans certains cas des écarts systématiques vraisemblablement liés à la procédure d'extraction, à des problèmes d'étalonnage, ou d'identification. Globalement, il en ressort la nécessité de poursuivre cet exercice et de l'étendre à d'autres laboratoires susceptibles de traiter les échantillons des AASQA afin de dégager une ou plusieurs méthodologies analytiques équivalentes en terme de validité des résultats.

- réaliser des campagnes de mesures sur sites, lors et en dehors des périodes de traitement des cultures, qui permettent entre autre de valider les choix des systèmes de prélèvements et de leurs paramètres de fonctionnement. Nous avons ainsi réalisé deux campagnes :
 - une campagne d'une semaine cet été en collaboration avec le CEMAGREF (en région Languedoc-Roussillon) et dans des conditions de pulvérisation contrôlées. Les substances pulvérisées étaient connues. Les mesures ont consisté à caractériser les concentrations atmosphériques avant, pendant et après la période de traitement sur deux sites localisés à 300 et 1500 m sous le vent de la parcelle traitée. Pour le composé le plus volatil mais aussi le plus abondant dans la pulvérisation, les concentrations moyennes vont d'une dizaine ng/m³ avant le traitement et jusqu'à 150 ng/m³ au moment du traitement. La volatilisation post-application ainsi que le niveau de fond local ont notamment été observés, de même que l'influence de la température sur la volatilisation.
 - une autre de trois semaines en région Champagne-Ardennes en période automnale (octobre) et sur deux sites distincts séparés de 60 km, le premier en zone urbaine (Reims), le second en zone rurale (proximité Chalons). Les mesures consistaient à caractériser le niveau de fond et de le comparer avec les données des retombées atmosphériques totales. Les résultats de cette campagne seront disponibles courant février.
- poursuivre nos contacts avec les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, mais aussi leurs partenaires sous-traitants, afin de connaître les études en cours de réalisation ou en projet, les substances sélectionnées localement, et leur apporter notre soutien technique. Ces contacts seront poursuivis en 2002 afin de mettre en place un retour d'expérience mais aussi de compléter certaines études en cours par l'insertion de nos moyens de prélèvements et d'analyse dans les dispositifs opérationnels.
- On signalera par ailleurs qu'à la demande des pouvoirs publics (MATE, MAP), l'INERIS mènera en 2002 une étude spécifique concernant les critères et les méthodologies de classification des pesticides dans l'air, et d'autre part animera un groupe de pilotage national qui pourra valider les résultats.

2. INTRODUCTION

La présente étude concernant les pesticides dans l'air ambiant a pour objectif, d'une part, de compléter les connaissances bibliographiques présentées dans le rapport précédent principalement pour ce qui concerne le comportement des pesticides dans l'environnement et d'autre part, de proposer une méthodologie de prélèvement et d'analyse adaptée à une mise en place au sein des Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA), et présente l'évaluation de cette méthodologie, par la réalisation de campagnes de mesures sur leur territoire, et sur la base d'une sélection de substances actives pertinente au niveau de l'utilisation nationale.

3. COMPLEMENT BIBLIOGRAPHIQUE : COMPORTEMENT DES PESTICIDES DANS L'ENVIRONNEMENT

Les principaux phénomènes qui décrivent le devenir des pesticides dans l'environnement peuvent être considérés et définis de la manière suivante :

- pertes par transport physique : volatilisation...
- pertes par réaction chimique : photolyse, hydrolyse, oxydation et réaction avec les surfaces minérales...
- pertes biologiques : bioaccumulation, transformation, minéralisation dans le sol et les sédiments par la population microbologique...
- fixations sur des composés solides.

La figure 1 rappelle les différents chemins que peuvent emprunter les pesticides à partir du traitement d'une culture.

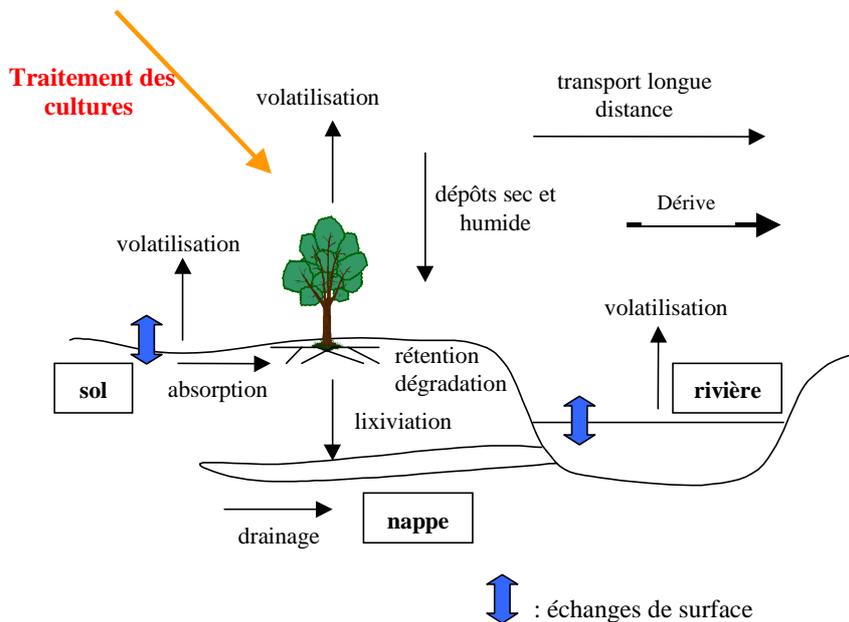


Figure 1

3.1 VOLATILISATION PENDANT ET APRÈS ÉPANDAGE : TRANSPORT ATMOSPHERIQUE [1]

3.1.1 Volatilisation pendant l'épandage : dérive

• *Définitions*

La dérive est définie par l'EPA (Environmental Protection Agency) comme étant un mouvement physique de pesticides dans l'atmosphère pendant ou juste après l'application, sur n'importe quel autre site qui n'a pas été traité. L'EPA n'inclut pas dans sa définition le mouvement des pesticides sur des sites " non-ciblés " causé par l'érosion, la migration, la volatilisation, ou les particules de sol contaminées par les pesticides qui, après l'application, sont entraînées par le vent.

La dérive se produit à des degrés variés, compris entre 1 à 75 % de la dose appliquée [1]. Une partie de la dérive se dépose habituellement à une courte distance du site d'application, mais une autre partie subsiste plus longtemps dans l'atmosphère, retombe très lentement à la surface, et peut être transportée à de plus longues distances sous l'effet du vent. Différents facteurs peuvent affecter le comportement de la dérive pendant les processus d'application et le niveau de déposition de produits qui n'atteignent pas la cible. Il existe trois catégories de facteurs qui sont les méthodes d'application, les formulations et les processus formant le brouillard de pesticides au moment de l'épandage.

• *Caractéristiques physiques*

La constante de Henry relie directement la pression de vapeur saturante au coefficient d'activité d'espèces dissoutes dans une solution donnée [2].

La constante de Henry (H) d'un composé est définie par:

$$H_i = \lim_{x \rightarrow 0} (y_i * P) / x_i \quad (1)$$

x_i étant la fraction molaire des espèces i en phase liquide

y_i est la fraction molaire des espèces i en phase vapeur

D'après la loi des gaz parfaits, la phase vapeur peut être exprimée de la manière suivante :

$$y_i * P = C_{Gi} * RT \quad (2)$$

C_{Gi} est la concentration du soluté en phase vapeur

R est la constante des gaz parfaits

Dans un système où tous les solutés sont dilués, la fraction molaire du soluté en phase liquide peut être estimée par approximation à :

$$x_i = n_i/n_j = C_{Li} * V_j \quad (3)$$

C_{Li} est la concentration en phase liquide à l'équilibre

V_j est le volume molaire du solvant

En combinant les équations (1) (2) et (3), on obtient :

$$H_i = (C_{Gi} * RT) / (C_{Li} * V_j)$$

La constante de Henry est un indicateur de volatilisation plus adapté que la pression de vapeur saturante car il s'agit d'un coefficient de partage entre la phase vapeur et la phase liquide. H_i permet d'évaluer la tendance d'un produit à se volatiliser, c'est à dire de passer de l'état dissous dans l'eau à l'état gazeux. Plus H_i sera élevée, plus le produit aura tendance à se volatiliser : les composés qui ont une constante de Henry supérieure à 10^{-5} sont considérés comme volatils.

• ***Méthodes d'application***

La distribution uniforme de la matière active est un des buts recherchés lors des applications de pesticides. Généralement, les herbicides sont dirigés vers des mauvaises herbes, donc vers le sol, alors que les insecticides et les fongicides sont dirigés vers des microhabitats à l'intérieur des cavités foliaires. Plusieurs systèmes d'application des pesticides incluent des pulvérisateurs à la surface du sol, des méthodes aériennes, et des pulvérisateurs qui ventilent le produit phytosanitaire sur l'ensemble de la plante à traiter (cas des vergers et des vignobles).

Le potentiel de dérive et de volatilisation pendant l'application varie avec chacune de ces méthodes.

En général, la dérive des applications aériennes est environ cinq fois supérieure à celles des applications en surface du sol. Les produits ventilés de façon axiale et radiale dans les vergers sont dirigés vers le haut, et à l'opposé du sol dans le but de recouvrir l'arbre entier ou le feuillage de la plante. La dérive liée à cette méthode d'application a été mesurée à des distances six fois plus étendues que la dérive par les méthodes d'applications aériennes.

• *Formulations*

Il existe beaucoup de formulations différentes de pesticides, et les diluants utilisés vont de l'eau, d'autres variétés de solvant, des surfactants et des huiles...à de la craie, de l'argile, etc...

Les concentrés émulsifiables sont couramment et intensément utilisés, parce qu'ils sont faciles à appliquer avec un équipement moderne de pulvérisation et avec de l'eau comme diluant.

D'autres formulations sont sous forme de poudres, qui sont mises en suspension dans un liquide, habituellement l'eau. Les formulations granulaires ont une taille qui varie de 250 à 2,5 μm de diamètre, et leur désagrégation permet la libération des molécules actives. Elles n'ont pas besoin d'un milieu dispersant et sont souvent "prêtes à l'emploi". Les formulations sous forme de poussières (5 à 20 μm de diamètre) peuvent pénétrer dans les cavités denses, mais sont facilement transportables par le vent en dehors du site traité. Les formulations sous forme de micro-capsules en plastique sont utilisées pour libérer dans le temps le produit actif.

Les gaz ou les liquides sont communément utilisés en fumigation du sol avant plantation et sont généralement injectés dans le sol. Ces composés sont extrêmement volatils et s'ils ne sont pas contenus, ils se dissipent principalement dans l'atmosphère par volatilisation. Cette méthode est notamment utilisée lors de l'application de la Trifluraline qui est incorporée dans le sol, sous forme granulaire [3]. La Trifluraline a une constante de Henry de 16,8 et une pression de vapeur saturante de $1,50\text{E}^{-02}$ Pa.

En ce qui concerne les niveaux d'application actuels, ils dépendent du pesticide utilisé. Les quantités appliquées varient de très faibles volumes inférieurs à 2 l/ha, à des volumes supérieurs à 300 l/ha. Si les gouttes de pulvérisation sont petites ou si la volatilisation d'un liquide pulvérisé se produit, les gouttes, les poussières (diamètre compris entre 0,5 μm et quelques μm) et les particules de poudre (diamètre supérieur à 10 μm) peuvent être en suspension dans l'air. Ces petites gouttes et particules ont des vitesses de déposition plus lentes et ont donc une probabilité importante d'être transportées en dehors du site traité même par léger vent. La dérive pendant l'application est peu probable avec des formulations granulaires, ce qui n'est pas le cas des poudres qui ont un fort potentiel de dérive avec l'utilisation d'applicateurs conventionnels.

La taille des gouttelettes varie en fonction de leur évaporation, qui est rapide pour les gouttes aqueuses de diamètre inférieur à 150 μm . Sous certaines conditions atmosphériques pendant l'application de pesticides, plus de 40% du volume initial pulvérisé peut être perdu par évaporation avant d'atteindre la cible. Des agents sont parfois additionnés pour abaisser la pression de vapeur du composé, qui réduit le niveau d'évaporation et ralentit la réduction de la taille des gouttes. Le résultat est que la goutte elle-même ne peut pas disparaître avant d'atteindre le sol, mais la distribution des gouttes de petit diamètre, leur concentration, leur temps de résidence dans l'atmosphère, et l'éventuelle dérive en dehors du site peuvent augmenter.

• *Processus formant le brouillard de pesticides pendant l'épandage*

Le comportement du brouillard de pesticides pulvérisé est très complexe et est influencé par des mouvements atmosphériques difficiles à expliquer. Un brouillard de pesticides peut se disperser horizontalement et verticalement dans le sens et autour du courant de vent.

Les plus grosses gouttes se déposent rapidement sur le sol pendant que les plus fines qui ont des vitesses de déposition plus lentes peuvent rester des particules en suspension dans l'air pendant un certain temps et être transportées à des distances appréciables du site traité sous l'effet du vent. La déposition gravitationnelle n'a pas d'influence majeure sur les gouttes de taille inférieure à 100 µm de diamètre sous les conditions de pulvérisation de plein champ.

Les principaux paramètres influençant la dérive du brouillard de pesticides sont la vitesse et la direction du vent, la température ambiante et l'humidité, le rayonnement solaire, et d'autres paramètres météorologiques relatifs à la stabilité atmosphérique tels que le degré de turbulence.

La pulvérisation de grosses gouttes augmente le degré de déposition, mais la couverture du pesticide déposé sur la cible peut ne pas être suffisante, ce qui conduit à augmenter les doses appliquées. Le diamètre typique des gouttes pour avoir des conditions d'application optimales doit être compris entre 200 µm et 300 µm. Il est considéré que la limite supérieure du diamètre d'une goutte affectée majoritairement par le phénomène de dérive est de 100 µm (notamment à cause de l'influence des forces gravitationnelles).

La stabilité de l'atmosphère a un effet significatif sur la dérive pendant l'application, sur les niveaux de volatilisation post-application, sur le déplacement du brouillard de vapeur ou d'aérosols sous l'effet du vent, et sur la concentration de produits déposés. Les situations instables se produisent quand la température de surface est plus élevée que celle de l'air, il en résulte une turbulence dispersive. Les conditions stables peuvent entraîner de fortes concentrations en polluants près de la surface qui peuvent être maintenues sur de longues distances sous le vent. Pour tous les systèmes d'application, la dérive longue distance peut être réduite en pulvérisant sous de faibles conditions de vent. Cette remarque vaut aussi pour les zones plus rapprochées, mais il est préférable de mettre en place des zones « tampon » destinées à préserver les cultures voisines. Par ailleurs, des températures ambiantes fraîches pendant l'application réduiront la dérive en minimisant l'évaporation des gouttes pulvérisées.

3.1.2 Volatilisation après épandage

Après l'épandage, le pesticide résiduel peut se volatiliser par évaporation ou sublimation à partir de la surface de la plante ou être transporté dans l'atmosphère par fixation sur les particules de poussières. Les pratiques agricoles influencent à la fois ces deux processus.

La volatilisation post-application représente une seconde forme de dérive des pesticides qui a lieu sur une plus longue période. Cette volatilisation est un processus continu, et la dérive qui en résulte peut-être une source significative de pesticides en basse atmosphère. La volatilisation à partir du sol et des surfaces aqueuses est une source majeure de dissémination de nombreux pesticides, et les pertes peuvent atteindre 80 à 90% dans les quelques jours suivant l'application.

L'importance de la volatilisation à partir du sol, de l'eau, et des surfaces végétales dépend principalement de la pression de vapeur effective du produit phytosanitaire à la surface et de sa vitesse de migration. Cependant, ces deux facteurs peuvent être influencés par les paramètres suivants :

- méthode d'application et formulation type (appliqué en surface ou incorporé au sol) ;
- degré de sorption au niveau de la surface du sol ;
- degré d'humidité dans le sol et température ;
- nature de l'interface air/surface par l'intermédiaire de laquelle le produit chimique est transféré ;
- pratiques agricoles ;
- conditions météorologiques au niveau de la surface du sol.

La volatilisation suit habituellement les cycles diurnes et est très dépendante du rayonnement d'énergie solaire et de la stabilité atmosphérique. En général, le niveau de volatilisation est proportionnel à l'énergie solaire et aux turbulences atmosphériques, qui sont typiquement maximum aux alentours de midi solaire et diminuent en soirée.

Des expériences menées sur le Triallate, un herbicide appartenant à la catégorie des thiocarbamates, ont été effectuées pour connaître son taux de volatilisation dans un tunnel ventilé, sur deux types de sol différents et sous contrôle des conditions de vitesse de vent [4]. Sur un sol de terreau (constitué de 49 % de sable, de 29 % d'argile, de 22 % de limon), l'échelle des pertes par volatilisation du Triallate va de 40 % à une vitesse de 3 m/s jusqu'à 53 % à une vitesse de 9 m/s ; sur un sol sableux (constitué de 97 % de sable, de 0.3 % d'argile, et de 3,1 % de limon), l'échelle des pertes par volatilisation va de 60 % à une vitesse de 3 m/s jusqu'à 73 % à 9 m/s. Ainsi, la volatilisation augmente significativement avec la vitesse du vent et dépend également de la nature du sol. Doubler l'amendement du sol en matière organique peut réduire la volatilisation d'un facteur 2, et une température du sol de 2 à 10°C plus fraîche peut réduire la volatilisation d'un facteur de 2 à 4.

D'autres expériences ont été menées en chambre de volatilisation afin de déterminer la volatilité des pesticides à partir du sol, et également à la surface des plantes [6].

Cette méthode a permis d'établir la quantité de pesticide volatilisé (voir tableau 1) à partir de la dose d'application initiale pendant 24 heures sous contrôle des paramètres (température égale à 20°C, humidité relative de 50%, vitesse de l'air supérieure à 1m/s).

Des études sur la Chloropicrine, un pesticide très utilisé au USA, ont été menées afin de contrôler la volatilisation des pesticides. Avec une pression de vapeur égale à 32mm de Hg, la Chloropicrine est un composé qui possède un fort potentiel volatil, mais avec une constante de Henry égale à 0.0001, sa diffusion est beaucoup plus lente. D'après les expériences de J.Gan et al. [7], il a été établi que l'application de la formule commerciale Telone C-17 (mélange de bromure de méthyle avec 2 % de Chloropicrine et de 1,3-D avec 17 % de Chloropicrine) à raison de 112 l.ha⁻¹ libérera 21 kg de chloropicrine active dans l'atmosphère, par hectare d'un sol sablonneux ayant été fumigé. Avec l'application de la Telone C-35 (mélange de bromure de méthyle avec 2% de Chloropicrine et de 1,3 D avec 35 % de Chloropicrine), la perte de chloropicrine dans l'air ambiant est estimée à 44 kg par hectare.

L'assèchement de quelques millimètres de la surface du sol suffit à montrer une suppression effective de la volatilisation du pesticide. Pour les sols asséchés, la volatilisation dépendante de l'énergie solaire est réduite et est presque exclusivement dépendante du facteur humidité. Dans cette situation, la volatilisation maximale a lieu avec la formation de rosée classiquement tôt le matin et en soirée, ainsi qu'avec la pluie et les irrigations.

Le tableau 1 illustre des exemples des niveaux de volatilisation pour plusieurs pesticides et les différences entre les applications en surface et l'incorporation de pesticides. Les écarts observés pour certaines substances traduisent essentiellement les différences de nature des sols et des pratiques agricoles (amendements divers).

Composé	Type d'application	Pertes par volatilisation		Référence
		En (%)	Sous plusieurs jours	
Alachlore	Appliqué en surface	19	21	Gloftfelty et al. 1989
Atrazine	Appliqué en surface	2.4	21	Gloftfelty et al. 1989
Chloroprothame	Appliqué en surface	15	9	Turner et al. 1978
Chlorpyrifos	Appliqué en surface	0.2	4	Majewski et al. 1990
2,4-D	Appliqué en surface	20.8	5	Grover et al. 1985
Diazinon	Appliqué en surface	0.2	4	Majewski et al. 1990
γ- HCH	Appliqué en surface	12	2.1	Gloftfelty et al. 1984
	Appliqué en surface	50	0.25	Gloftfelty et al. 1984
	Appliqué en surface	6.6	4	Majewski et al. 1990
MCPA	Appliqué en surface	0.7	4	Seiber et al. 1986
Molinate	Appliqué en surface	35	4	Seiber et al. 1986
	Appliqué en surface	78	7	Soderquist et al.1977
Simazine	Appliqué en surface	1.3	21	Gloftfelty et al. 1989
Triallate	Incorporé	15	30	Grover et al. 1998
	Appliqué en surface	74	5	Majewski et al. 1993
Trifluraline	Appliqué en surface	2-25	2.1	Gloftfelty et al. 1984
	Appliqué en surface	50	0.13-0.31	Gloftfelty et al. 1984
	Appliqué en surface	90	2.5-7	Gloftfelty et al. 1984
	Appliqué en surface	54	5	Majewski et al. 1993
	Incorporé	20	30	Grover et al. 1988
	Incorporé	25.9	120	White et al. 1977
	Incorporé	22	120	Harper et al.1976

Tableau 1: Pertes par volatilisation de plusieurs pesticides après application en surface ou incorporation

La volatilisation des pesticides à partir du sol est compliqué et implique beaucoup de facteurs influençant le mouvement des pesticides dans le sol et à la surface. La température peut affecter la volatilisation par son effet sur la pression de vapeur. Les sols qui ont un faible contenu en matière organique ont une faible capacité pour retarder la mobilité des pesticides, car les substances humiques du sol constituent l'adsorbant primaire des pesticides [5]. Un fort contenu en matière organique du sol améliore la liaison avec les pesticides et réduit le taux de volatilisation.

3.1.3 Autres phénomènes :

L'érosion par le vent des formulations poudreuses, des petites formes granulaires, et des pesticides liés à la surface du sol constitue un autre mécanisme par lequel les pesticides appliqués atteignent l'atmosphère bien qu'il soit généralement considéré comme moins important que la volatilisation.

Les facteurs qui influencent la capacité d'un sol à s'éroder incluent une vitesse de vent horizontale, les précipitations, la température, la nature du sol et les pratiques culturales. Les très grosses particules (diamètre compris entre 500 à 1000 μm) tendent à rouler sur le sol et, généralement, ne forment pas d'aérosol, mais elles peuvent se briser en particules plus petites ou se disloquer en petites particules.

En général, les particules peuvent se déplacer sur de très longues distances à l'horizontal, tout en dépendant de la vitesse du vent, mais leur mouvement vertical dépasse rarement un mètre, et elles se déposent habituellement près de la source.

Toutefois, il faut noter que les particules les plus nombreuses ont une distribution en taille comprise entre 0.002 et 10 μm . Les particules de tailles comprises entre 0.08 et 1.2 μm de diamètre proviennent de la condensation de vapeurs de faible volatilité et de l'agglomération de plus petites particules. Cette gamme de particules n'est pas rapidement affectée par les forces gravitationnelles et ces particules se déposent lentement via les dépositions sèche et humide, elles sont donc d'avoir des durées de vie longues et un potentiel important pour le transport atmosphérique longue distance.

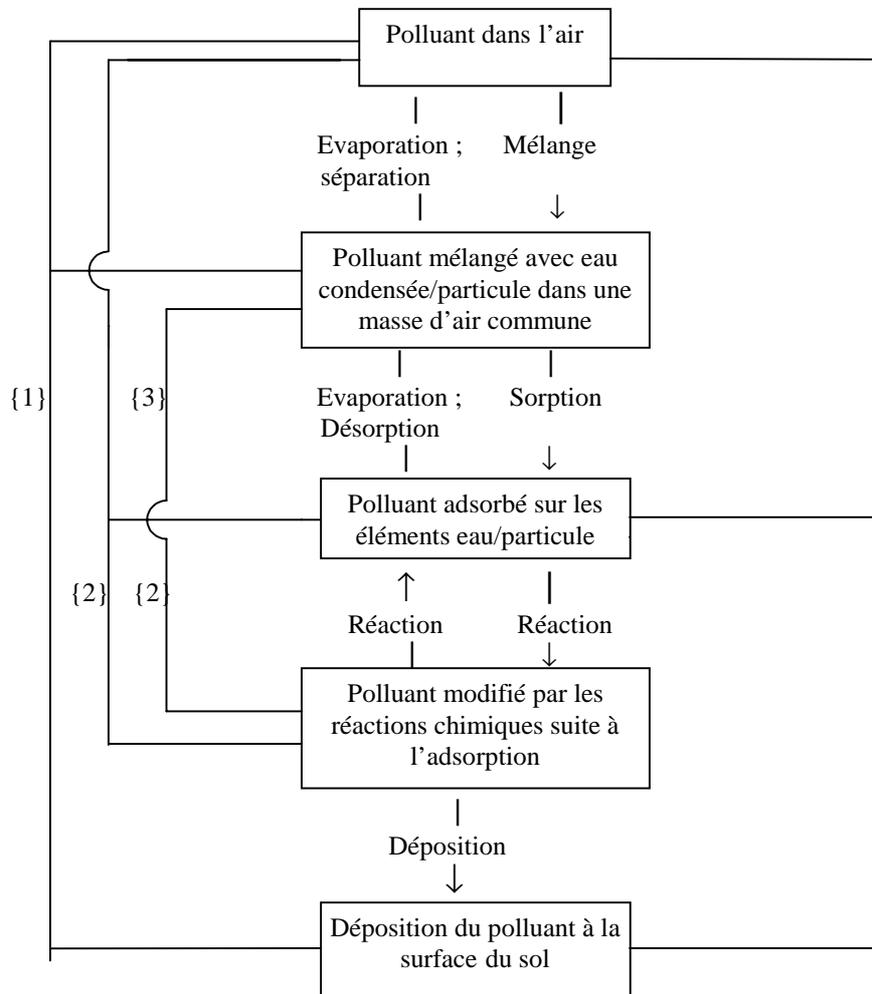
Les particules dont le diamètre est inférieur à 0.08 μm proviennent de la condensation à température ambiante de substances gazeuses en particules, et les procédés de combustion dans lesquels les gaz chauds sursaturés formés se condensent en piégeant la phase gazeuse des pesticides. La durée de vie de ces petites particules est très courte car elles s'agglomèrent rapidement.

3.2 RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES

3.2.1 Définitions

Une fois dans l'atmosphère, le temps de résidence d'un pesticide dépend de sa vitesse de déposition ou de sa transformation chimique. Les processus de déposition atmosphérique peuvent être classés en deux catégories, la première impliquant les précipitations, appelée déposition humide, et la seconde n'impliquant pas les précipitations, appelée la déposition sèche. Le brouillard, la brume, ou encore la rosée qui se situent entre les processus de déposition sèche et humide sont quand même plutôt liés à la déposition sèche. L'efficacité de ces processus de déposition dépend des caractéristiques physiques et chimiques du composé, ainsi que des facteurs météorologiques, et des caractéristiques de la surface de déposition. Chaque catégorie de processus, cependant, implique à la fois le transfert gazeux et de particules à la surface du sol.

La figure 3 présente un schéma général des chemins réactionnels de distribution et de déposition.



{1} : Re-suspension
 {2} : Evaporation
 {3} : Désorption

Réactions : photochimique, directe, indirecte (NO₃, OH, O₃)
 Déposition : Humide, sèche, sous forme vapeur ou particules
 Re-suspension : Vapeur et particules

Figure 3

Diagramme de Seinfeld, 1986

La répartition de la phase gazeuse du pesticide entre l'absorption par les gouttes de pluie et l'adsorption sur des particules en suspension augmente son potentiel de retombée atmosphérique.

Le schéma suivant illustre les principaux phénomènes intervenant dans la déposition des particules :

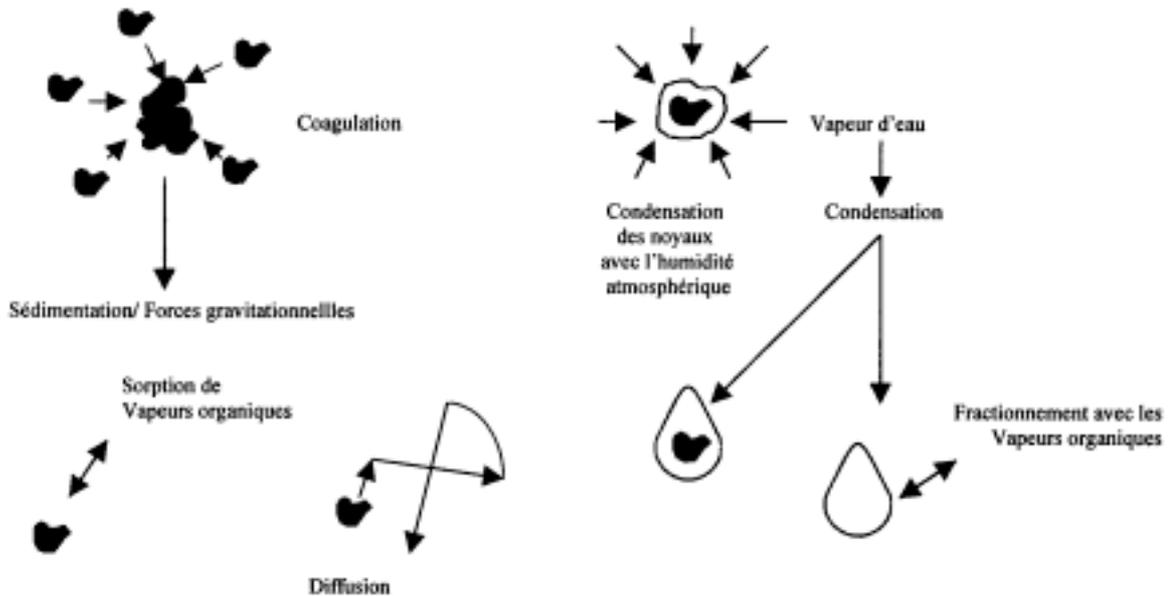


Diagramme général des processus affectant la matière particulaire en suspension

• *Déposition sèche*

En plus de l'introduction atmosphérique des pesticides adsorbés sur les particules entraînées par l'érosion, les vapeurs de pesticides peuvent être adsorbées sur la matière particulaire en suspension. Cette matière peut être relativement inerte pour le composé adsorbé ou peut catalyser une réaction chimique, ou affecter les processus photochimiques. Les particules déposées et les pesticides associés peuvent être réintroduits dans l'atmosphère par rebond, ré-entraînement ou re-suspension.

La déposition sèche des pesticides associée aux particules inclut les retombées gravitationnelles et le transfert turbulent sur une surface suivi par un impact inertiel, une interception ou une diffusion sur des surfaces telles que de la végétation, le sol, ou l'eau. Le taux de déposition est dépendant de la taille, de la surface, et de la masse de la particule, les plus grosses particules sont surtout influencées par la vitesse du vent. Le phénomène d'adsorption des pesticides gazeux se produit préférentiellement sur les plus petites particules en raison de leur rapport surface/volume plus élevé.

• *Déposition humide*

La déposition totale humide inclut la déposition par la pluie à la fois de la phase vapeur et de la phase particulaire avec des pesticides adsorbés.

Les averses de pluie peuvent agir comme un agent concentrant. En effet, elles peuvent concentrer les nuages d'aérosols dans leurs gouttes ainsi que la phase vapeur de pesticides et les particules au fur et à mesure qu'elles tombent en traversant l'atmosphère jusqu'au sol. Il est estimé qu'une goutte d'eau entre en équilibre avec un composé organique gazeux après une chute d'environ 10 mètres si la concentration du composé est constante sur son trajet. Le lessivage atmosphérique par la pluie entraîne préférentiellement les particules en suspension les plus fines qui sont logiquement aussi les plus abondantes. Il a été observé que les concentrations les plus élevées sont relevées en début d'averse.

3.2.2 Mesures dans les eaux de pluie

Un certain nombre d'études ponctuelles présentées dans la littérature apportent des éléments de connaissance complémentaire et méritent d'être citées.

- Une étude a été menée en Europe [8] afin de recenser les pesticides déposés par l'eau de pluie en Europe. Les pesticides qui étaient suivis d'un point de vue analytique sont ceux qui sont utilisés en Europe et ceux que l'on retrouve dans l'atmosphère même s'ils ne sont plus utilisés. Dans la plupart des cas, l'analyse porte sur la déposition totale ou également sur la déposition humide, analysée séparément en plus de la déposition totale. Les sites sélectionnés pour les prélèvements ont été fonction du sol (avec utilisation de pesticides), de l'altitude, de la proximité avec de grandes quantités d'eaux, et de la direction des vents, ou d'autres caractéristiques tels que zone rurale, périurbaine, d'agriculture extensive... Les concentrations détectées sont de l'ordre du ng/l, et les substances les plus fréquemment détectées sont le Lindane (γ - HCH) et son isomère (α - HCH), l'Atrazine, le MCPA, la Simazine, le Dichlorprop, l'Isoproturon, le Mecoprop, le DDT, la Terbutylazine, et l'Aldrine.
- Aux USA, des études similaires ont été effectuées dans des zones marécageuses, afin de déterminer l'influence des précipitations sur les concentrations de pesticides et leurs effets potentiels sur la région [16]. Dans le cas présent, les échantillons ont été collectés à une profondeur de 30 cm dans des bouteilles en verre, et ils ont été stockés dans une enceinte réfrigérée jusqu'à l'extraction des pesticides. Les résultats (voir tableau 4) sont donnés en pourcentage de produits détectés, en fonction des précipitations régionales sur une quinzaine de jours, et du nombre d'échantillons collectés.

Précipitations régionales (en mm pendant 15j)	<20	21-50	51-90	>90
Nombre d'échantillons collectés	41	61	31	20
Détections du 2,4-D	56%	74%	81%	95%
Détections du Lindane	49%	77%	84%	89%

Tableau 4

S'il n'y a pas de pluie significative, la volatilisation combinée au transport de courte distance et à la déposition atmosphérique constitue une voie de transfert importante des cultures aux zones marécageuses.

Cette étude démontre que les zones marécageuses situées dans les terres cultivées peuvent être exposées à de hauts niveaux de pesticides quand ils sont appliqués avant d'éventuelles pluies significatives.

- Une étude réalisée au Sud de l'Afrique présente des moyennes annuelles des concentrations totales des pesticides dans l'air comprises entre 31 et 257 pg/m³, mais dans l'eau, à la surface du Lac Malawi, les concentrations sont relativement basses, ce qui indique une transformation rapide des produits chimiques dans l'eau qui par contre supporte de hautes concentrations de métabolites [17]. L'eau de pluie a été filtrée à travers de la laine de verre, à l'entrée de la collecte de l'échantillon, pour enlever les particules les plus grosses. L'échantillonneur pour l'analyse de la seule déposition humide est équipée d'une colonne XAD-2 qui permet directement le piégeage des composés cibles.

Le tableau 5 donne la concentration des pesticides chlorés dans les précipitations pour une période allant du 7 Février 1997 au 28 Mai 1998.

Concentration pg/l			
	Moyenne	Maximum	Minimum
α- HCH	132+/-67	302	67
β- HCH	24+/-17	60	< 0,1
γ- HCH	154+/-144	518	42
α- endosulfan	102+/-68	276	37
somme des DTT	76+/-118	389	< 0,1

Tableau 5

Ainsi, les dépositions de pesticides sur le Lac Malawi ont été estimées aux valeurs suivantes :

- **α- HCH** : 4,2 kg par an
 - **β- HCH** : 1,4 kg par an
 - **γ- HCH** : 20 kg par an
 - **α- endosulfan** : 9,1 kg par an
 - **Σ des DTT** : 1.8 kg par an
- Dans l'état du Midwestern des Etats Unis, une étude a été menée afin de déterminer le taux d'herbicides déposés par les précipitations sur l'Ile Royale de l'état du Michigan (située à une centaine de kilomètres) où il n'y a pas d'application d'herbicides [14]. Les prélèvements d'eaux de pluie ont été effectués dans des bouteilles en verre, puis, après filtration, ont été stockés à 5°C avant analyse. Les concentrations d'Atrazine et de ses métabolites sont comprises entre 0.005 à 1.8 µg/l. Il a été constaté également que les concentrations en herbicides dans les eaux de pluie du Midwestern sont similaires à celles retrouvées dans les précipitations sur l'Ile Royale. La présence des métabolites d'Atrazine dans les eaux de pluie a aussi mis en évidence le transport atmosphérique de l'Atrazine.
 - En Pologne, dans la région de Gdansk, la consommation totale des pesticides en 1996 était de 671,5 tonnes. L'analyse de l'eau de pluie et de neige avait pour but d'évaluer le degré de contamination de l'air par les pesticides [19]. Les prélèvements se font à l'aide d'un entonnoir en silice, dans une bouteille teintée en verre. Les principaux pesticides retrouvés

dans les échantillons d'eau de pluie sont la Simazine, l'Atrazine, la Terbutylazine, le malathion, l' α - HCH, le γ - HCH. Les organochlorés sont détectés dans tous les échantillons en dépit du fait qu'ils sont interdits en Pologne depuis 1973. Leur présence est due à leur persistance et aux mouvements d'air provenant de régions où ils sont toujours utilisés.

Le tableau 6 donne les concentrations de Simazine (l'un des herbicides le plus présent dans l'étude) dans les échantillons de neige et de pluie de 1990 à 1996 en Europe.

Localisation	Année	Composé déterminé	Référence
<i>Allemagne</i>			
Schauinsland	1990	Simazine 10-94 ng/L	Scharf et al. (1991)
Deuselbach	1990/1991	Simazine 12-44 ng/L	Scharf et al. (1991)
Bensheim	1990/1991	Simazine 5-63 ng/L	Scharf et al. (1991)
Hanover - zone urbaine	1992	Simazine 3-140 ng/L	Huskes and Levsen (1997)
Hanover – 15 km d'une ferme	1996	Simazine 0,1-2 ng/L	Jager et al. (1998)
<i>France</i>			
Paris- zone urbaine	1991	Simazine <5-100 ng/L	Chevreuil et Garmouma (1993)
<i>Suisse</i>			
Gruze- zone industrielle	1996	Simazine n.d.-53 ng/L	Bucheli et al. (1998)

Tableau 6

- En ce qui concerne la conservation des échantillons, une étude utilisant une solution de pesticides standard a montré que des bouteilles en plastique et en verre donnent des résultats identiques sur le contenu en pesticides [20]. Ainsi, en Jordanie, des échantillons ont été prélevés pendant des précipitations lourdes, dans des bouteilles en polypropylène après filtration sur un filtre en papier, avec un bouchon hermétique, et placés dans de la glace. Ces échantillons permettaient de faire une étude quantitative sur l'utilisation des pesticides dans la région afin d'estimer les dangers potentiels interférents dans la qualité de l'eau et de sélectionner les pesticides à contrôler. Les organochlorés détectés sont de l'ordre du ppt (cas du lindane et de ces isomères) et il n'y pas de traces de triazines.

3.3 FORMATION DES MÉTABOLITES DE PESTICIDES ET LEUR DEVENIR DANS L'ENVIRONNEMENT

3.3.1 Formation des produits de dégradation de pesticides

Les réactions photochimiques représentent une part importante des processus de dégradation de pesticides dans l'air. Il peut en résulter des produits plus toxiques et/ou plus persistants par rapport à la molécule originale.

Il y a deux processus par lesquels un pesticide émis dans l'air peut subir une réaction photochimique : un processus direct par lequel le pesticide absorbe directement le rayon solaire et subit une ou plusieurs variétés de réactions, ou un processus indirect où le produit

phytosanitaire réagit avec les radicaux photo-générés comme les radicaux hydroxyle, et l’ozone [21].

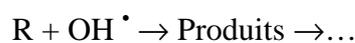
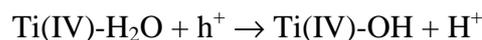
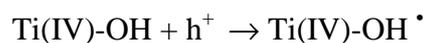
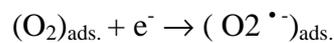
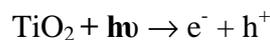
- Afin de déterminer le comportement du Parathion-méthyl dans l’atmosphère, une étude a été réalisée dans une chambre permettant les mesures simultanées de la volatilisation et de l’altération photochimique du Parathion-méthyl sous contrôle de constantes. A partir d’une certaine quantité connue de Parathion-méthyl épandue sur une surface, il a été déterminé le pourcentage de 4-Nitrophenol et de Paraoxon-méthyl formé par la dégradation du Parathion-méthyl en fonction de la présence de lumière et/ou d’ozone dans le milieu.
- La dégradation photocatalytique de Triazines a également fait l’objet d’une étude dont le but était de déterminer les principaux sous-produits afin de proposer un schéma de dégradation et d’évaluer la vitesse de disparition du pesticide [22]. Cette expérience est faite en présence de particules de TiO₂ en suspension (100 mg.l⁻¹) dans un milieu aqueux, auquel est appliquée une lumière solaire artificielle. L’expérience fut également réalisée dans de l’eau distillée afin d’observer la photolyse directe. Afin de séparer la photolyse directe de l’oxydation photocatalytique par les particules TiO₂, la constante de l’oxydation photocatalytique a été calculée (k_{cat}) en soustrayant la constante représentant la dégradation apparente par la constante représentant la photolyse.

Le tableau 7 donne les valeurs des différentes constantes cinétiques de dégradation de l’Atrazine et du Parathion méthyl :

	Eau distillée			TiO ₂			K _{cat} * 10 ⁻² (min ⁻¹)
	K _{phot} * 10 ⁻³ (min ⁻¹)	R ²	t _{1/2} (min ⁻¹)	K' * 10 ⁻² (min ⁻¹)	R ²	t _{1/2} (min ⁻¹)	
Atrazine	1,60	0,96	433,1	3,73	0,97	18,6	3,57
Parathion méthyl	0,30	0,95	2310,5	3,46	0,94	20,0	3,43

Tableau 7

Les réactions lors de la photo-oxydation dans le milieu aqueux contenant des particules de TiO₂ en suspension et sous l’effet de rayonnement lumineux sont les suivantes :



L’Irgarol 1051 est une formule commerciale constituée à partir de triazines. Par la méthode décrite précédemment, le schéma de dégradation de ce composé a pu être établi. La détection

de ces nouvelles molécules a pu être effectuée par chromatographie gazeuse couplée à une spectrométrie de masse.

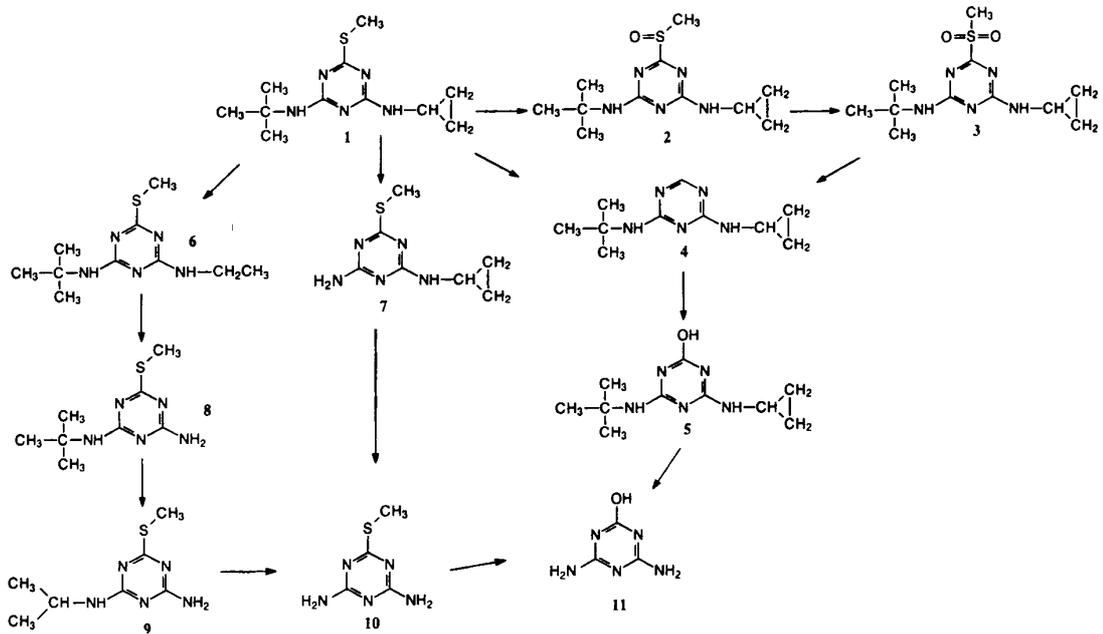


Schéma de la photodégradation de l'Irgarol dans un milieu aqueux avec des particules de TiO₂ en suspension et sous rayonnement lumineux.

Nature des composés détectés :

- (1) : Irgarol 1051 (2-methylthio-4-terbutylamino-6-cyclopropylamino-s-triazine)
- (2) : 2-methylsulfinyl-4-terbutylamino-6-cyclopropamino-s-triazine
- (3) : 2-methylsulfonyl-4-terbutylamino-6-cyclopropamino-s-triazine
- (4) : 4-terbutylamino-6-cyclopropylamino-s-triazine
- (5) : 2-hydroxy-4-terbutylamino-6-cyclopropylamino-s-triazine
- (6) : 2-methylthio-4-amino-6-(ethylamino)-s-triazine
- (7) : 2-methylthio-4-amino-6-cyclopropylamino-s-triazine
- (8) : 2-methylthio-4-terbutylamino-6-amino-s-triazine
- (9) : 2-methylthio-4-isopropylamino-6-amino-s-triazine
- (10): methylthiodiamino-s-triazine
- (11): diaminohydroxy-s-triazine

Cependant, il est utile de préciser que la destruction effective des pesticides est possible par photocatalyse en présence de particules de TiO₂ en suspension à partir du moment où les pesticides sont présents dans l'eau à des concentrations de l'ordre du ppm.

Le nombre élevé de composés détectés pendant la photodégradation montre la complexité du processus de photocatalyse et suggère l'existence de plusieurs voies de dégradation.

D'autres techniques analytiques ont permis la détection de composés phytosanitaires et de leurs produits de dégradation en phase gazeuse et particulaire [23]. Dans le cas présent, la détection s'effectue par chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à piégeage d'ions (GC-ITD). Cette technique qui possède une limite de détection variant de 0,8 à 15 pg.m⁻³, permet ainsi la détection des produits de dégradation qui sont en moindre concentration par rapport aux pesticides dans l'atmosphère.

Les métabolites de pesticides formés dans l’atmosphère sous l’effet du rayonnement solaire, se déposent à la surface de l’eau ou du sol et selon les conditions météorologiques subissent diverses transformations.

3.3.2 Devenir dans l’environnement

De nombreux pesticides sont susceptibles de former des résidus persistants dans les sols et les sédiments. L’étude de la formation et de la signification biologique et environnementale des résidus de pesticides liés au sol a permis d’identifier des types de pesticides qui interagissent avec les sols, de connaître les propriétés des sols qui influencent les associations sol-pesticide et le rôle des microorganismes dans la dégradation des résidus dans le sol [24] [25]. On a vu précédemment que l’ajout d’amendements organiques permet d’augmenter les capacités d’adsorption du sol et donc de réduire la contamination par les pesticides des eaux souterraines.

- La présence de pesticides dans le sol dépend des phénomènes de déposition atmosphérique mais également de la persistance de composés considérés. En effet, dans les rizières de la Corée du Sud [26], vingt ans après la cessation d’utilisation d’organochlorés, des résidus de ces produits phytosanitaires persistent dans le sol.
- Dans une récente étude [27], des quantités non toxiques de fongicides ont été trouvées avec ou sans leur métabolite commun dans un compost commercialisé. L’étude a consisté, après application de ces deux fongicides à la surface du compost, à déterminer la dégradation des produits appliqués, à identifier les composés nouvellement formés afin d’évaluer leur toxicité et à vérifier l’évolution des produits formés lors de la dégradation microbiologique. Dans ce cas, la présence de ces métabolites peut être utilisée comme un marqueur pour évaluer les risques lors de l’utilisation du compost, et l’introduction de substances éventuellement toxiques dans la chaîne alimentaire.

4. LISTE DE PESTICIDES

4.1 CONSTITUTION DE LA LISTE

Afin d'effectuer les campagnes de mesures exploitables au niveau national, nous avons proposer une liste de composés phytosanitaires susceptibles de se retrouver dans l'atmosphère. A partir d'une première sélection basée sur les 200 produits les plus utilisés et les plus toxiques en France, une deuxième sélection a été effectuée selon les critères suivants : la toxicité, le tonnage et les propriétés physico-chimiques de ces composés. Nous avons réduit la liste principale à 50 produits phytosanitaires de manière à obtenir un panachage des critères de sélection, et d'utiliser ces composés en tant que traceurs de différents problèmes soulevés par les pesticides (transfert vers l'atmosphère, transfert sol-eau, répartition gaz-particules,...). Cette liste a été diffusée auprès de nos partenaires experts dans le domaine, dont il importait de recueillir les commentaires et suggestions avant de valider une liste comportant une vingtaine de substances. Les organismes consultés ont été l'ITCF, le Ministère de l'Agriculture (DERF, DGAL), l'ENSP, l'INRA-SSM, l'UIPP, le SCORPEN, le MATE. Une réunion de synthèse des différents avis recueillis a été organisée en mai 2001.

Etaient présents à cette réunion M.Tournayre (Union des Industries pour La Protection des Plantes), M.Maltère (Ministère de l'Agriculture), et M.Wortham (Université de Marseille). Cette réunion a permis de préciser les pesticides qui étaient utilisés en milieu confiné (cas du Chlorpyrifos ethyl, du Dichlorvos et du Malathion pour le traitement des grains stockés), ceux dont l'utilisation tend à décroître (cas du Diazinon, du Diquat, du Parathion methyl, du Tébutame, et du Triallate), ceux qui étaient retirés du marché ou non soutenus sur le plan européen (cas de l'Ométhoate, de la Permethrine, et du Lindane), les différents produits phytosanitaires composant les formes commerciales les plus utilisées, l'intérêt de sélectionner équitablement les fongicides, les insecticides, les herbicides par rapport à l'usage national, et de rajouter des composés dits de « nouvelle génération » ne faisant donc pas partie de cette liste et qui vont être de plus en plus utilisés.

Nous avons établi ainsi une liste « prioritaire » de pesticides, à suivre lors de campagnes de mesures à caractère national.. Cette liste constitue une première étape qu'il était nécessaire de valider relativement rapidement afin d'engager les travaux expérimentaux, cependant, son contenu sera réexaminé en fonction des résultats obtenus dans les campagnes de mesures, et de l'évolution de l'utilisation des pesticides en France.

Cette liste de pesticides établie sur le plan national est composée de 8 herbicides, de 6 fongicides, et de 5 insecticides :

- Alachlore (H)
- Atrazine (H)
- Chlorothalonil (F)
- Chlorpyrifos éthyl (I)
- Dichlorvos (I)
- Diflufenicanil (H)
- Diuron (H)

Epoxiconazole (F)
 Endosulfan (I)
 Fenpropimorphe (F)
 Folpel (F)
 Glyphosate (H)
 Isoproturon (H)
 Krésoxim méthyl (F)
 Lindane (γ -HCH) (I)
 Malathion (I)
 Métochloré (H)
 Tébuconazole (F)
 Trifluraline (H)

Le Lindane a été maintenu dans la liste en raison du fait que c'est un composé qui a été très utilisé (il l'est d'ailleurs toujours dans certains pays en voie de développement), et qu'on le retrouve très souvent dans les études traitant de l'air ambiant.

En complément de cette liste sont ajoutés, au sein de l'INERIS, les pesticides déjà analysés au laboratoire de chromatographie :

Carbaryl
 Diazinon
 Fenoxaprop ethyl
 Oxadiazon
 Parathion methyl
 Perméthrine
 Terbutylazine

Cette liste nationale n'est cependant pas représentative de tout le tissu national car, suivant les régions, les cultures sont différentes et demandent des traitements adaptés. Pour cette raison, nous consultons les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air afin de connaître les produits phytosanitaires les plus épanchés en prévision de campagnes de mesures dans leur région. Ces produits rajoutés à la liste nationale sont au nombre maximum de cinq et demandent à être identifiés suffisamment tôt par rapport à la campagne de mesures afin de permettre l'approvisionnement du laboratoire d'analyse en substance étalon (produit pur) et la mise au point analytique.

Ce cas de figure s'est produit notamment lors de la campagne de Montpellier, où la Deltaméthrine, et le Tau-fluvalinate ont complété la liste. Ils sont désormais inclus de manière permanente.

Le tableau 8 regroupe les composés recherchés et leur principales caractéristiques.

Ces composés font l'objet de fiches de synthèse individuelles qui sont présentées en annexe.

5. PHASE EXPÉRIMENTALE

5.1 RAPPEL DU MATÉRIEL UTILISÉ

Pour prélever les pesticides dans l'air ambiant, deux sortes d'appareils sont utilisés : le Partisol (prélèvement bas volume) et le Digitel (prélèvement grand volume).

Le Digitel permet l'utilisation simultanée d'un filtre en microfibre de quartz (piégeant la phase particulaire) et d'une mousse en polyuréthane (voir figure 4). La phase particulaire sera piégée par le filtre de quartz ($\phi = 150$ mm) et la phase vapeur par la mousse en polyuréthane PUF ($\phi = 64$ mm, hauteur $H = 52$ mm). L'appareil fonctionne à un débit pouvant varier de 30 m³/h avec une tête PM10 (pour la filtration des particules d'un diamètre inférieur ou égal à $10\mu\text{m}$) et jusqu'à 60 m³/h avec une tête TSP (pour la filtration des particules totales). Cet appareil est destiné à la réalisation de prélèvements de courtes durées, inférieures à 24 h.



Figure 4

Ce dispositif de prélèvement présente l'avantage de faire partie des équipements généralement acquis par les réseaux, à l'origine pour les prélèvements de métaux lourds. Il peut être modifié sans difficulté afin d'effectuer les prélèvements d'HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et de pesticides en même temps. Cette modification, présentée en figures 4 et 5, consiste en un support qui se loge dans l'emplacement normalement prévu pour recevoir un cylindre de verre (ou nacelle) destiné à recevoir mousses ou résines en grande quantité (volume du cylindre = 1 l, $\phi = 150$ mm). Elle est maintenant proposée en option par le constructeur de l'appareil (Digitel).



Figure 5

Le Partisol possède également un filtre en microfibre de quartz ($\phi = 47$ mm) et une mousse en polyuréthane ($\phi = 25$ mm) dans une cartouche filtrante qui se substitue à l'ensemble du dispositif habituel de collecte de poussières. Les photos ci-dessous illustrent ce dispositif de prélèvement. L'appareil fonctionne à un débit de $1\text{m}^3/\text{h}$ et est plutôt destiné à des mesures intégrées sur plusieurs jours.



Figure 6

5.2 CONDITIONNEMENT DES SUPPORTS AVANT UTILISATION

Les mousses et les filtres doivent être parfaitement propres avant leur utilisation pour les prélèvements. Ces supports font donc l'objet d'un conditionnement spécifique.

Les filtres sont calcinés à 500°C pendant plusieurs heures (de 2 à 8 h le plus souvent), ils sont stockés dans des boîtes de pétri en pyrex (également calcinées), elles mêmes enveloppées dans du papier aluminium.

Le conditionnement des mousses s'effectue à l'aide d'un soxhlet, et il consiste à faire plusieurs extractions successives de 24 h au solvant dichlorométhane (généralement deux extractions avec changement de solvant au bout de 24h) .

Après ces extractions, les mousses doivent sécher à l'air libre afin d'éliminer le solvant. Elles sont ensuite enveloppées dans une feuille de papier d'aluminium calciné et conservées dans un dessiccateur jusqu'à utilisation.

Quant à la verrerie utilisée tant dans la préparation des supports que lors des prélèvements (ballons, billes de verre, soxhlets, réfrigérants, nacelles,...), elle nécessite un nettoyage très minutieux pour éliminer toutes traces organiques. Nous procédons tout d'abord à un lavage (eau + détergeant de laboratoire) au bac à ultrasons, puis, nous effectuons plusieurs rinçages à l'eau normale, puis à l'eau déminéralisée, et à l'acétone. Après séchage à l'air libre, nous effectuons un dernier rinçage au dichlorométhane, et lorsque la verrerie est sèche, elle est mise dans un four à calciner à 500 °C pendant une nuit. A sa sortie la verrerie est emballée dans du papier d'aluminium calciné.

5.3 ESSAIS EN LABORATOIRE

5.3.1 Valeurs de Blancs

Afin d'obtenir les meilleures conditions d'analyse des pesticides sur les supports, nous effectuons des contrôles à la suite des conditionnements. Ainsi, nous réalisons des extractions à blanc pendant 24 h au dichlorométhane, et l'extrait récupéré est analysé afin de déterminer s'il existe des traces de produits chimiques qui peuvent gêner l'analyse des produits phytosanitaires.

Les concentrations de pesticides mesurées dans l'air ambiant sont généralement de l'ordre de quelques ng /m³, ce qui implique des seuils de détection analytique très bas. Il est donc indispensable d'éviter toutes traces de pollution pouvant provenir des manipulations.

Les résultats des premiers blancs effectués n'étant pas satisfaisants, il a fallu en rechercher l'origine. Après vérification du protocole, le laboratoire de chromatographie de l'INERIS a analysé le solvant (dichlorométhane) et a constaté que le solvant utilisé lors de l'extraction était de pureté insuffisante. Pour remédier à ce problème, nous avons testé des produits de différents fournisseurs, et procédé à leur analyse. Ainsi, nous avons pu vérifier la qualité des produits distribués par les fournisseurs de laboratoire ACROS, RIEDEL DE HAËN et SDS. Les résultats ne présentent pas d'interférence, les analyses et les extractions peuvent être effectuées à l'aide de ces produits.

Pour limiter les interférences, nous avons procédé à deux sortes de conditionnements : un conditionnement effectué sous 48h avec changement de solvant toutes les 24h (méthode jusqu'à présent utilisée) et un autre conditionnement effectué sous 72h avec changement de solvant toutes les 24h. Les résultats de ces analyses n'ont pas montré de différence significative. Nous limiterons donc le temps de conditionnement à 2 fois 24 h.

5.3.2 Dopages statiques : intercomparaison analytique

Dans le cadre de notre étude, il importait de déterminer la validité et la reproductibilité de l'ensemble de la chaîne analytique (extraction, concentration, analyse) pour les différents produits recherchés.

Ceci a été réalisé en envoyant à plusieurs laboratoires des mousses dopées par des quantités connues de plusieurs produits phytosanitaires.

Les solutions de dopage ont été préparées à partir de la sélection de composés présentés précédemment. La plupart des produits ont été injectés afin d'obtenir, dans les mousses des quantités correspondantes aux concentrations suivantes : 25 ng/m³, 100 ng/m³, 250 ng/m³, ceci avec l'hypothèse de prélèvement de 12 h au débit de 40 m³/h. La plus basse concentration a été choisie pour être proche de celles observées dans la littérature lors de traitement et ne nécessite pas la mise en œuvre de techniques d'analyses sophistiquées, la concentration de 100 ng/m³ représente une concentration intermédiaire et reste proche des concentrations que nous sommes susceptibles de rencontrer lors des campagnes de prélèvements en champ proche en période de traitement. Le dernier dopage (250 ng/m³) correspond au cas extrême que l'on peut être amené à rencontrer (proximité de pulvérisation).

Il est important de signaler également que, pour limiter les inter-réactions entre les produits, nous avons séparé les composés suivant leur famille, afin de faire quatre solutions de dopage. Ont été regroupées les familles des Organophosphorés et des Organochlorés (exp : chloropyrifos, lindane...), la famille des Amides, des Triazines, et des Urées Substituées (exp : Alachlore, Atrazine et Isoproturon), et un ensemble de composés représentant chacun à eux seuls une famille (Chlorothalonil, Perméthrine, Oxadiazon). Ces substances sont lipophiles et nous utilisons de l'acétone comme solvant. Un seul pesticide est très soluble dans l'eau et insoluble dans l'acétone. Il a donc été nécessaire d'effectuer une solution contenant seulement l'herbicide Glyphosate dilué dans de l'eau déminéralisée, car dans un solvant organique, il aurait précipité.

Après dopage, les mousses sont emballées (papier aluminium + emballage plastique hermétique) et placées au congélateur, avant d'être expédiés en conditionnement réfrigéré (température max. < 5°C) sous 24 h maximum au laboratoires destinataires.

Nous avons fait appel à trois laboratoires : Laboratoire LARA (situé à Toulouse), Laboratoire CARSO (situé à Lyon), et l'Institut Pasteur de Lille, auxquels nous avons envoyé des mousses dopées ainsi que des blancs de mousses (extraits). Ces mousses et ces blancs ont également été donnés à analyser au sein du laboratoire de chromatographie de l'INERIS. La liste des composés à analyser a été communiquée à chaque laboratoire.

Parmi les composés à rechercher, l'alachlore a été volontairement introduit en quantité triple et le diflufenicanil n'était pas présent dans les dopages.

5.3.3 Procédures analytiques

Les mousses dopées ont été extraites différemment suivant les laboratoires :

- extraction en 1 cycle de 24 h au soxhlet avec du dichlorométhane pour l'INERIS,
- extraction en 2 cycles à l'ASE avec de l'hexane pour le LARA,
- extraction en 1 cycle de 12 h au soxhlet avec le dichlorométhane pour l'Institut Pasteur,

- extraction en 1 cycle de 8h au soxhlet avec le dichlorométhane pour CARSO.

Les techniques analytiques employées par l'INERIS sont la HPLC équipée d'un détecteur à barrette de diode pour les composés les plus lourds, ou la CG équipée de détecteur thermoionique (TSD) ou à capture d'électrons (ECD). Le glyphosate n'a pas été analysé.

Le laboratoire CARSO a mis en œuvre 4 techniques qui sont la CG-MS, la HPLC, la LC-MS et la HPLC avec dérivatisation post-colonne (pour l'analyse du glyphosate).

L'Institut Pasteur met en œuvre la CG-MS, la CG-ECD, la HPLC équipé DAD (barrette de diode), HPLC avec dérivatisation post-colonne (analyse du glyphosate), et la LC-MS-MS.

Quant au laboratoire LARA, il dispose de CG-ECD, CG-TSD, CG-MS, HPLC-DAD et LC-MS.

Les résultats, exprimés en µg dans l'échantillon, des différents laboratoires sont présentés dans les figures 7 à 9 et tableaux (9 à 11) avec les quantités initialement injectées. Pour chaque dopage, les écart-types analytiques associés sont précisés et permettent de refléter la dispersion des résultats obtenus.

Les résultats représentant moins de 50 % ou plus de 200 % de la valeur théorique apparaissent en rouge dans ces tableaux.

Pour chaque laboratoire, un tableau synthétique regroupe les résultats obtenus pour les différents dopages (tableaux 12 à 15). Les résultats sont exprimés en % de récupération. Ceux qui apparaissent en rouge signalent qu'ils ne sont pas compris dans une fourchette de récupération de 50 à 150 %. Ils permettent de dégager dans certains cas des écarts systématiques vraisemblablement liées à la procédure d'extraction, à des problèmes d'étalonnage, ou d'identification.

Ainsi, on notera que le laboratoire 1 semble être essentiellement gêné par 4 substances (le diuron, l'isoproturon, l'atrazine, le dichlorvos) pour lesquels les rendements de récupération sont bas quelle que soit la concentration de dopage.

Le laboratoire 2 montre quelques divergences par rapport aux valeurs théoriques pour différentes substances et des dopages différents sans ordre particulier. On notera toutefois un problème au niveau du glyphosate.

Le laboratoire 3 semble perturbé par le dopage le plus élevé pour une majorité de substances, et une en particulier, l'oxadiazon. Par contre l'analyse du glyphosate est bonne quel que soit la concentration de dopage.

En ce qui concerne l'INERIS, on notera la non détection du chlorothalonil.

DOPAGE 25 ng/m3

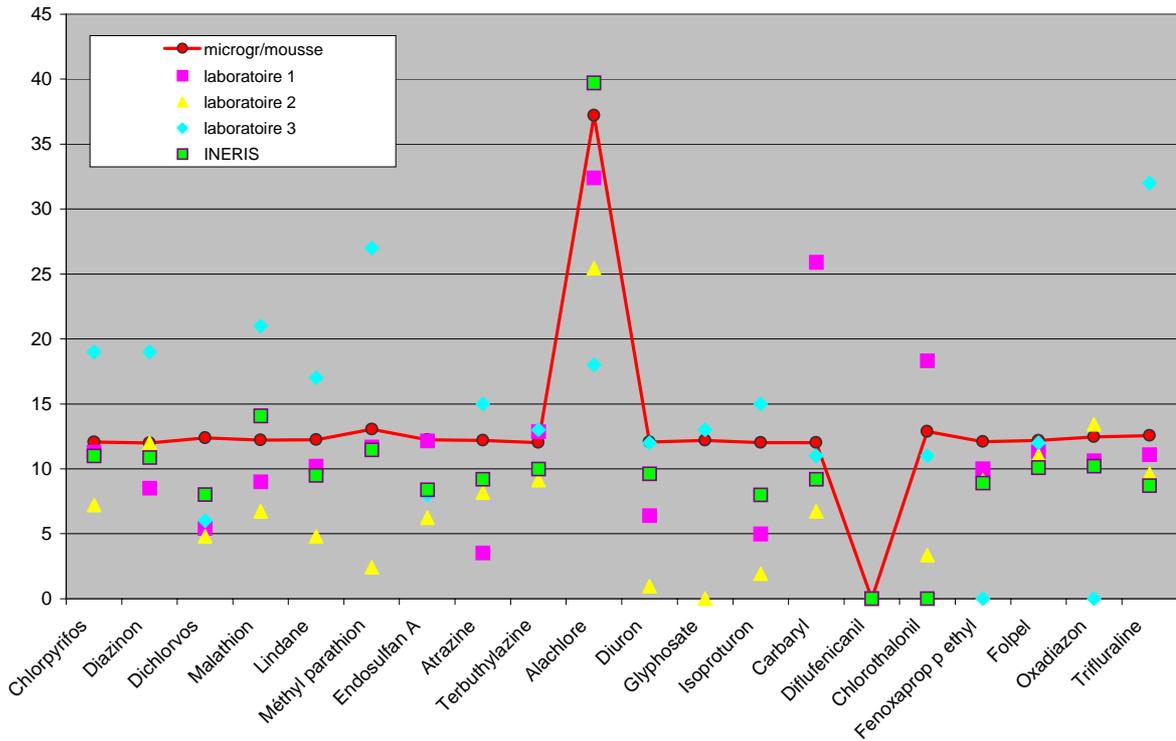


Figure 7

M.A.	microgr/mousse	laboratoire 1	laboratoire 2	laboratoire 3	INERIS	écart-type
Chlorpyrifos	12,072	11,27	7,2	19	10,99	4,29
Diazinon	12	8,5	12	19	10,88	3,91
Dichlorvos	12,396	5,4	4,8	6	8,03	1,22
Malathion	12,204	8,99	6,72	21	14,08	5,48
Lindane	12,24	10,2	4,8	17	9,5	4,35
Méthyl parathion	13,044	11,68	2,4	27	11,45	8,84
Endosulfan A	12,228	12,15	6,24	8	8,38	2,15
Atrazine	12,18	3,51	8,16	15	9,2	4,09
Terbutylazine	12,012	12,85	9,12	13	9,99	1,71
Alachlore	37,224	32,41	25,44	18	39,72	8,06
Diuron	12,072	6,4	0,96	12	9,6	4,13
Glyphosate	12,192		<2,9	13		0,00
Isoproturon	12,012	4,98	1,92	15	8	4,85
Carbaryl	12,012	25,9	6,72	11	9,2	7,49
Diflufenicanil	0	<0,02	<1	<	<0,5	
Chlorothalonil	12,876	18,32	3,36	11	<0,001	6,11
Fenoxaprop p ethyl	12,084	10	9,12	<	8,9	0,48
Folpel	12,192	11,32	11,04	12	10,1	0,68
Oxadiazon	12,456	10,63	13,44	<	10,2	1,44
Trifluraline	12,54	11,09	9,6	32	8,7	9,65

Tableau 9

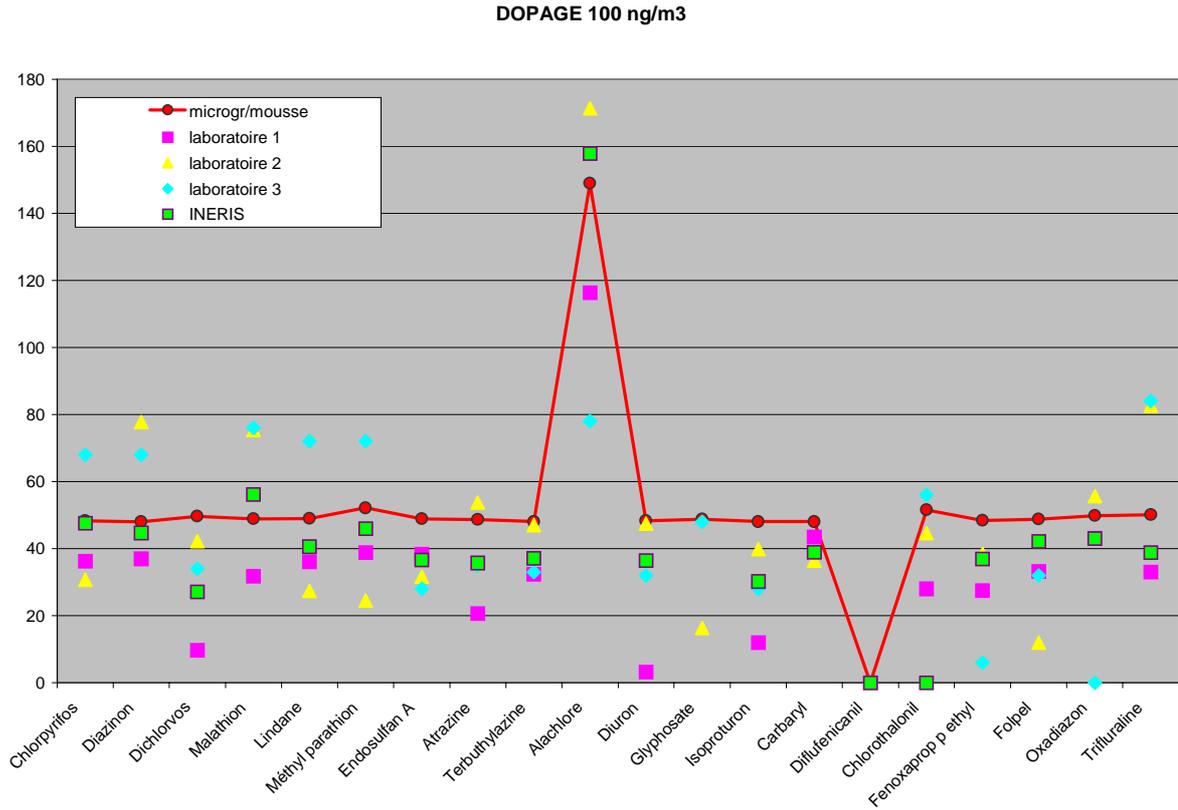


Figure 8

M.A.	microgs/mousse	laboratoire 1	laboratoire 2	laboratoire 3	INERIS	écart-type
Chlorpyrifos	48,288	36,22	30,72	68	47,61	14,26
Diazinon	48	36,97	77,76	68	44,66	16,62
Dichlorvos	49,584	9,7	42,24	34	27,1	11,96
Malathion	48,816	31,73	75,36	76	56,14	18,07
Lindane	48,96	36,01	27,36	72	40,59	16,65
Méthyl parathion	52,176	38,78	24,48	72	45,9	17,24
Endosulfan A	48,912	38,34	31,68	28	36,6	4,08
Atrazine	48,72	20,58	53,76	35	35,7	11,77
Terbutylazine	48,048	32,35	47,04	33	37,11	5,87
Alachlore	148,896	116,34	171,36	78	157,83	36,65
Diuron	48,288	3,23	47,52	32	36,4	16,34
Glyphosate	48,768		16,32	48		15,84
Isoproturon	48,048	11,9	39,84	28	30,2	10,04
Carbaryl	48,048	43,48	36,48	39	38,9	2,53
Diflufenicanil	0	<0,02	<1	<	<0,5	
Chlorothalonil	51,504	28,02	44,64	56	<0,001	11,49
Fenoxaprop p ethyl	48,336	27,48	38,4	6	36,9	12,93
Folpel	48,768	33,17	12	32	42,1	11,00
Oxadiazon	49,824	43,07	55,68	<	43	5,96
Trifluraline	50,16	32,98	82,56	84	38,8	23,79

Tableau 10

DOPAGE 250 ng/m3

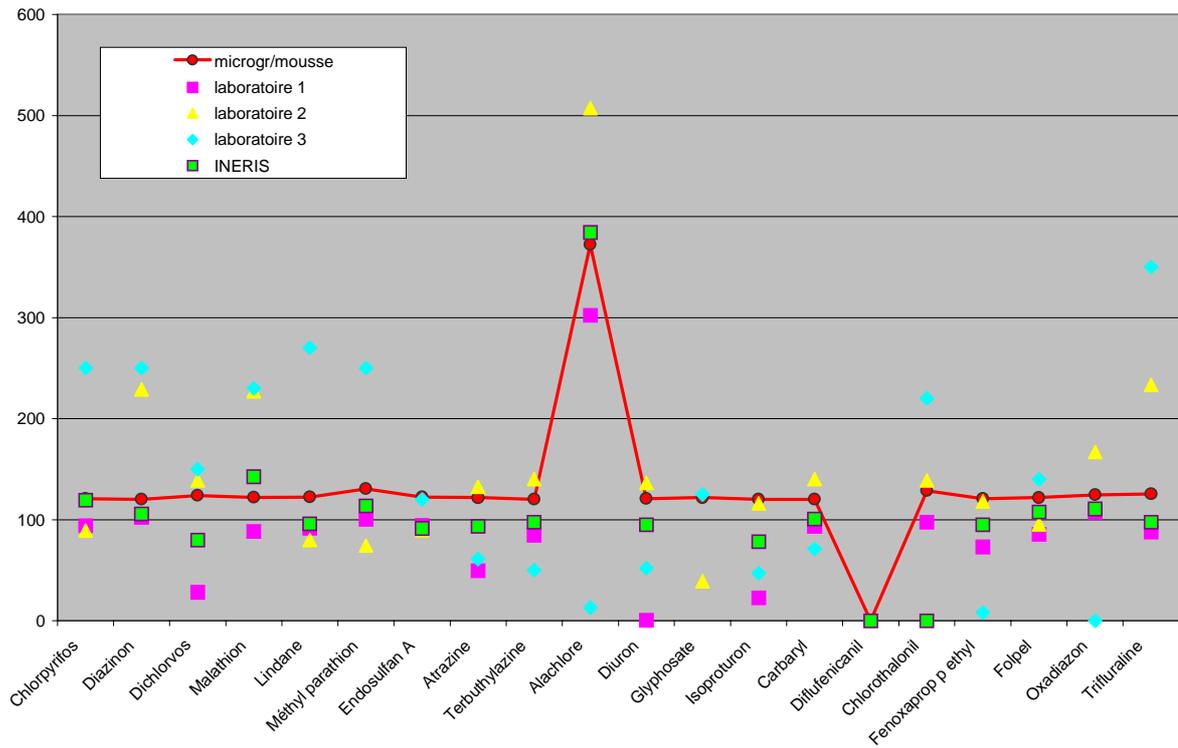


Figure 9

M.A.	microgr/mousse	laboratoire 1	laboratoire 2	laboratoire 3	INERIS	écart-type
Chlorpyrifos	120,72	94,14	89,28	250	119,3	65,56
Diazinon	120	102,15	228,96	250	105,65	68,21
Dichlorvos	123,96	28,16	139,72	150	79,92	48,89
Malathion	122,04	88,33	227,04	230	142,5	59,72
Lindane	122,4	91,59	79,68	270	95,96	78,57
Méthyl parathion	130,44	100,33	74,4	250	113,54	68,12
Endosulfan A	122,28	94,66	89,76	120	91,32	12,30
Atrazine	121,8	49,57	132,5	61	93,3	32,22
Terbutylazine	120,12	84,74	140,16	50	97,4	32,25
Alachlore	372,24	302,29	507,36	13	384,25	181,97
Diuron	120,72	0,57	136,32	52	94,9	50,40
Glyphosate	121,92		38,88	125		43,06
Isoproturon	120,12	22,66	116,16	47	78,4	35,03
Carbaryl	120,12	93,24	140,16	71	100,8	24,97
Diflufenicanil	0	<0,02	<1	<	<0,5	
Chlorothalonil	128,76	97,39	138,72	220	<0,001	50,93
Fenoxaprop p ethyl	120,84	73,01	118,08	8	95	41,05
Folpel	121,92	85,66	95,52	140	107,7	20,47
Oxadiazon	124,56	107,29	167,04	<	110,7	27,40
Trifluraline	125,4	87,58	233,28	350	97,6	107,80

Tableau 11

M.A.	laboratoire 1		
Chlorpyrifos	93,4	75,0	78,0
Diazinon	70,8	77,0	85,1
Dichlorvos	43,6	19,6	22,7
Malathion	73,7	65,0	72,4
Lindane	83,3	73,5	74,8
Méthyl parathion	89,5	74,3	76,9
Endosulfan A	99,4	78,4	77,3
Atrazine	28,8	42,2	40,7
Terbutylazine	107,0	67,3	70,5
Alachlore	87,1	78,1	81,2
Diuron	53,0	6,7	0,5
Glyphosate			
Isoproturon	41,5	24,8	18,9
Carbaryl	215,6	90,5	77,6
Difufenicanil			
Chlorothalonil	142,3	54,4	75,6
Fenoxaprop p ethy	82,8	56,9	60,4
Folpel	92,8	68,0	70,3
Oxadiazon	85,3	86,4	86,1
Trifluraline	88,4	65,7	69,8

Tableau 12

M.A.	laboratoire 2		
Chlorpyrifos	59,6	63,6	74,0
Diazinon	100,0	162,0	190,8
Dichlorvos	38,7	85,2	111,9
Malathion	55,1	154,4	186,0
Lindane	39,2	55,9	65,1
Méthyl parathion	18,4	46,9	57,0
Endosulfan A	51,0	64,8	73,4
Atrazine	67,0	110,3	108,8
Terbutylazine	75,9	97,9	116,7
Alachlore	68,3	115,1	136,3
Diuron	8,0	98,4	112,9
Glyphosate		33,5	31,9
Isoproturon	16,0	82,9	96,7
Carbaryl	55,9	75,9	116,7
Difufenicanil			
Chlorothalonil	26,1	86,7	107,7
fenoxaprop p ethy	75,5	79,4	97,7
Folpel	90,6	24,6	78,3
Oxadiazon	107,9	111,8	134,1
Trifluraline	76,6	164,6	186,0

Tableau 13

M.A.	laboratoire 3		
Chlorpyrifos	157,4	140,8	207,1
Diazinon	158,3	141,7	208,3
Dichlorvos	48,4	68,6	121,0
Malathion	172,1	155,7	188,5
Lindane	138,9	147,1	220,6
Méthyl parathion	207,0	138,0	191,7
Endosulfan A	65,4	57,2	98,1
Atrazine	123,2	71,8	50,1
Terbutylazine	108,2	68,7	41,6
Alachlore	48,4	52,4	3,5
Diuron	99,4	66,3	43,1
Glyphosate	106,6	98,4	102,5
Isoproturon	124,9	58,3	39,1
Carbaryl	91,6	81,2	59,1
Diflufenicanil			
Chlorothalonil	85,4	108,7	170,9
Fenoxaprop p ethyl		12,4	6,6
Folpel	98,4	65,6	114,8
Oxadiazon			
Trifluraline	255,2	167,5	279,1

Tableau 14

M.A.	INERIS		
Chlorpyrifos	91,0	98,6	98,8
Diazinon	90,7	93,0	88,0
Dichlorvos	64,8	54,7	64,5
Malathion	115,4	115,0	116,8
Lindane	77,8	82,9	78,4
Méthyl parathion	87,8	88,0	87,0
Endosulfan A	68,5	74,8	74,7
Atrazine	75,5	73,3	76,6
Terbutylazine	83,2	77,2	81,1
Alachlore	106,7	106,0	103,2
Diuron	79,5	75,4	78,6
Glyphosate			
Isoproturon	66,6	62,9	65,3
Carbaryl	76,6	81,0	83,9
Diflufenicanil			
Chlorothalonil			
Fenoxaprop p ethyl	73,7	76,3	78,6
Folpel	82,8	86,3	88,3
Oxadiazon	81,9	86,3	88,9
Trifluraline	69,4	77,4	77,8

Tableau 15

Les écarts observés lors de cette comparaison à petite échelle sont à discuter avec les laboratoires concernés afin de les expliquer. Ces derniers en ont accepté l'idée.

Ils montrent globalement que l'analyse des pesticides sur des échantillons « propres », c'est à dire sans polluants annexes tels que HAP ou autres, n'est pas simple même lorsque les composés à analyser sont connus au départ. Ceci peut être la source de résultats de campagne de mesures erronées. Il apparaît donc nécessaire, après avoir tiré les conclusions de cet essai, de poursuivre ce type d'exercice en élargissant le cercle des laboratoires participants à d'autres identifiés par les AASQA comme sous-traitants analytiques potentiels de leurs études « pesticides ». On pourra citer à titre d'exemple les laboratoires IANESCO ou Micro-Polluants Technologies SA. Une réflexion sera lancée début 2002 dans ce but avec les laboratoires concernés afin de mieux comprendre l'origine de cette dispersion et si possible de la réduire.

6. CAMPAGNE DE MESURES

6.1 CAMPAGNE DE MONTPELLIER

Nous avons effectué une campagne de mesures à la fin du mois de juin sur une période de cinq jours afin de suivre les taux de pesticides présents dans l'atmosphère avant, pendant, et après la pulvérisation de pesticides sur un champ de vignes de 3,3 hectares. Cette campagne a été réalisée en collaboration avec le CEMAGREF (Institut de Recherche pour l'Ingénierie de l'Agriculture et de l'Environnement) qui a permis l'installation du matériel de prélèvements sur leur terrain, et la planification de la journée de traitement des vignes. Nous avons également pu accéder à la composition et la quantité de la solution de traitement pulvérisée, la vitesse de pulvérisation, et les conditions météorologiques de la semaine fournies par la station du CEMAGREF.

Pour cette campagne, nous avons utilisé deux Digitel munis d'une tête TSP et réglés au débit de 40 m³/h, et un Partisol, fonctionnant en continu du lundi matin (le 25 Juin) au vendredi soir (le 29 Juin). Afin de mesurer la volatilisation des pesticides, et leur transport au sein du brouillard formé lors de la pulvérisation des pesticides, nous avons placé un Digitel près de la parcelle de vignoble (environ 300 m). Le deuxième Digitel et le Partisol ont été installés dans une parcelle privée à 1,5 km du premier site (voir figure 10). Pour l'installation de ces préleveurs, la difficulté résidait dans le fait qu'il fallait trouver une alimentation électrique pour leurs fonctionnements. C'est pour cette raison que le deuxième site se situe à cette distance. Le Digitel et le Partisol étaient situés dans le même axe que le premier Digitel et étaient orientés dans le sens du vent.

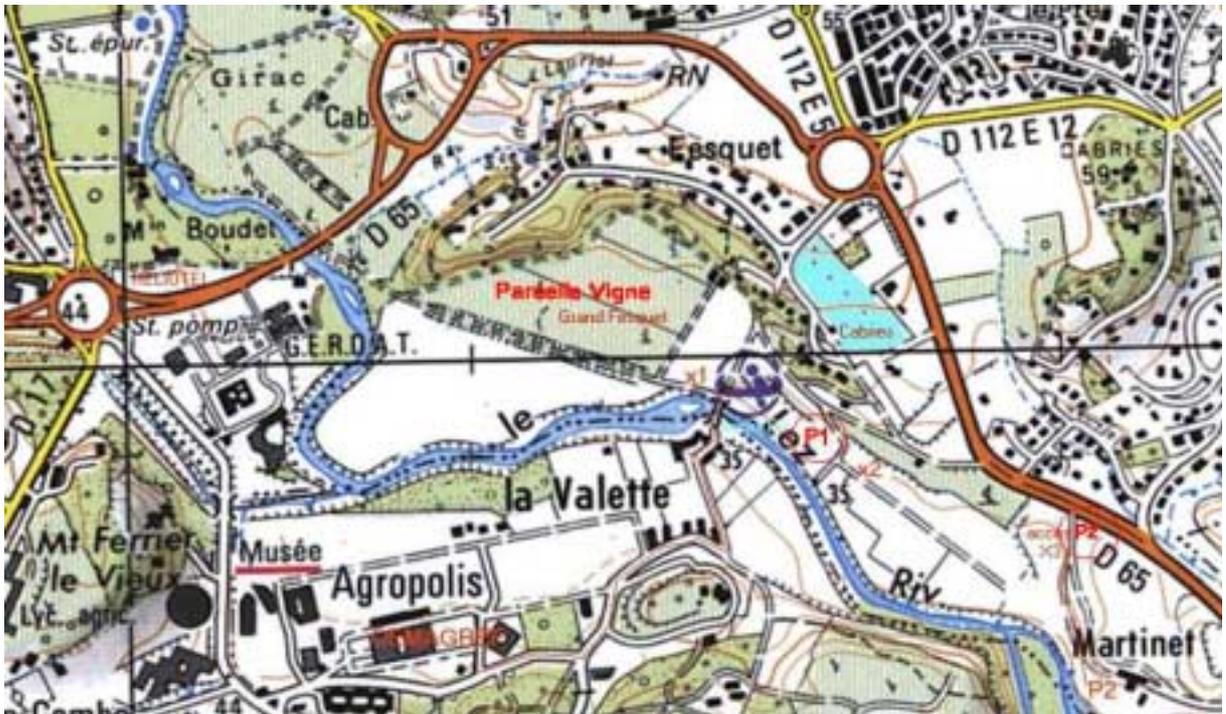


Figure 10

Pour le Digitel, le prélèvement s'est effectué toutes les 12 h (8 h – 20 h ; 20 h – 8 h) afin de différencier les concentrations diurnes et nocturnes, avec changement et récupération de filtres et de mousses. Pour le Partisol, le prélèvement s'est effectué toutes les 24 h avec à chaque fois changement de filtres et de mousses. Des sondes de température étaient placées à l'intérieur et à l'extérieur des appareils afin de mesurer les conditions de stockage des supports .
Les photos qui suivent illustrent la localisation des préleveurs sur les points de mesures



Tracteur utilisé le jour de la pulvérisation

Figure 11



Préleveur Digitel avec tête TSP sur le premier point de mesure

Figure 12



Figure 13

Au premier plan, nous distinguons le Digitel du premier site et à l'arrière plan, le vignoble qui fait l'objet du traitement .



Préleveurs Digitel et Partisol au deuxième point de mesures.

Figure 14

Le traitement de la parcelle de vignoble a eu lieu le mercredi 27 juin au matin (7 h), alors que la température ambiante est encore fraîche et le vent faible. Le traitement a duré près de 3 heures. Les filtres et les mousses ont été changés une demi-heure avant la pulvérisation, afin d'avoir les échantillons les plus représentatifs de la dérive des pesticides.

Les paramètres de la pulvérisation sont les suivants :

- taille des gouttelettes à la sortie de la buse : 80 à 200 μm
- vitesse : 100 m/s
- débit : 6,2 l/s
- volume pulvérisé par hectare : 142 l

Le mélange de produit pulvérisé était constitué de quatre produits :
Tau-fluvalinate, Folpel, Cymoxanil, Quinoxifen.

Le Folpel était le composé majoritaire du mélange pulvérisé (dosage à 480 g/l) et le seul présent dans la liste nationale. Le Tau-fluvalinate fait partie des substances que nous suivons ponctuellement et que nous avons ajouté dans la liste des composés régionaux. Son dosage est de 240 g/l, son taux d'application de 0,3 kg/ha.

Il est important de préciser qu'une autre parcelle de 1,5 ha située à 3 km de la première a également été traitée juste après avec le même mélange de produits phytosanitaires.



Brouillard de pesticides formé lors de la pulvérisation

Figure 15



Brouillard de pesticides formé à la sortie des buses du pulvérisateur

Figure 16



Entraînement du brouillard de pesticides

Figure 17

Les pulvérisateurs utilisés lors du traitement de la vigne ventilent le produit phytosanitaire sur l'ensemble de la plante de façon à l'envelopper. Ils sont équipés de deux rangées de buses, une rangée située à la partie supérieure de l'appareil et dirigée vers le bas pour traiter le feuillage de la vigne, et la deuxième rangée inférieure dont les buses sont dirigées vers le haut pour traiter le cep de vigne.



Pulvérisateur pneumatique utilisé pour le traitement de la vigne

Figure 18



Buses du pulvérisateur : dirigées vers le haut, et vers le bas.

Figure 19

Le tracteur est muni d'un capteur enregistrant les paramètres de la pulvérisation (nébulisation) et sa localisation par GPS.



Figure 20

La campagne de mesures a duré cinq jours, ce qui demandait des dispositions pour la conservation des échantillons. Lorsque les prélèvements sont terminés, la nacelle de verre contenant la mousse PUF est enveloppée d'une feuille de papier d'aluminium calcinée, placée dans un sac en plastique hermétique (afin d'éviter la contamination des pesticides d'un échantillon à un autre), et disposée dans un des congélateurs portables prévus pour conserver les échantillons. Quant au filtre, il est retiré de son support, placé dans une boîte de pétri propre (voir procédure de nettoyage), enveloppée d'une feuille de papier d'aluminium calcinée, et ensuite conservée dans un congélateur jusqu'à analyse des échantillons. Les échantillons réceptionnés à la suite de la journée de pulvérisation et le lendemain ont été placés dans un congélateur indépendant afin d'éviter toute contamination des autres échantillons par les pesticides pulvérisés.

L'avantage de cette campagne réside dans le fait que l'ensemble des paramètres du traitement étaient maîtrisés (dosage des substances, conditions du traitement, qualité de la pulvérisation).

Les conditions météorologiques durant la semaine ont été clémentes, et ont permis la réalisation de cette campagne dans de très bonnes conditions. Les données météorologiques et de température ont été intégrées dans l'exploitation des résultats d'analyse afin de comparer l'évolution des concentrations de pesticides dans l'atmosphère en fonction de ces paramètres. Le traitement a été effectué sous un vent faible de l'ordre de 2m/s, une température ambiante voisine de 20°C et par vent d'Ouest. Les préleveurs étaient placés dans l'axe des vents dominants.

Les résultats globaux sont présentés dans les tableaux 16 (filtres Digitel), 17 (mousses Digitel) et 18 (filtres et mousses Partisol). Les résultats spécifiques aux substances de traitement sont présentés en figure 21 et tableau 19 (Folpel), et figure 22 et tableau 20 (Tau-fluvalinate). Les paramètres météorologiques sont présentés en figures 23 et 24.

	25/06/ 8h-20h digital P1	26/06/01 8h-20h digital P2	25-26/06 20h-8h digital P1	25-26/06 20h-8h digital P2	26/06/01 8h-20h digital P1	26/06/01 8h-20h digital P2	26-27/06 20h-8h digital P1	26-27/06 20h-8h digital P2	27/06/01 8h-20h digital P1	27/06/01 8h-20h digital P2	27-28/06 20h-8h digital P1	27-28/06 20h-8h digital P2	28/06/01 8h-20h digital P1	28/06/01 8h-20h digital P2	28-29/06 20h-8h digital P1	28-29/06 20h-8h digital P2	29/06/01 8h-20h digital P1	29/06/01 8h-20h digital P2
alachlore	<0,109	ND	0,115	ND														
atrazine	ND	<0,195	ND															
carbaryl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chlorothalonil	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
chlorpyrifos éthyl	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	<0,115	ND	<0,115	<0,115	ND	ND	ND	ND	ND	ND
diazinon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,024	ND	<0,024	ND	ND						
dichlorvos	<0,063	<0,063	<0,063	0,109	<0,063	<0,063	ND	<0,063	<0,063	ND	ND							
diffufenicanil	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
diuron	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
endosulfan alpha	0,052	0,062	0,036	0,04	0,23	0,295	0,049	0,043	0,047	0,045	ND	ND	ND	0,092	<0,027	0,03	0,122	0,163
endosulfan beta	0,156	0,156	ND	0,095	0,133	0,138	<0,085	<0,085	0,11	<0,085	ND	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	<0,0850	<0,085
fenoxaprop ethyl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
folpel	17,797	16,829	3,931	2,927	13,673	2,122	5,786	1,854	152,476	48,78	8,178	4,838	15,093	7,578	17,744	8,465	18,074	13,541
isoproturon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
lindane	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,012	ND	<0,012	ND								
malathion	ND	<0,195	ND															
métolachlore	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
oxadiazon	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,095	ND	ND	<0,095	ND	ND	ND	<0,095
parathion methyl	0,11	0,093	<0,032	<0,032	0,087	0,076	<0,032	ND	ND	0,11	<0,032	0,032	ND	ND	ND	ND	ND	<0,032
perméthrine trans	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine cis	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tau-fluvalinate	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11,258	2,927	ND							
tébuconazole	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
terbuthylazine	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0,095	<0,095	<0,095	<0,095	ND	ND
trifluraline	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 16 : résultats d'analyse des filtres des préleveurs Digital (ng/m³)

	25/06/01	26/06/01	25-26/06	25-26/06	26/06/01	26/06/01	26-27/06	26-27/06	27/06/01	27/06/01	27-28/06	27-28/06	28/06/01	28/06/01	28-29/06	28-29/06	29/06/01
	8h-20h	8h-20h	20h-8h	20h-8h	8h-20h												
	digitel P1	digitel P2	digitel P1														
alachlore	ND																
atrazine	ND																
carbaryl	ND																
chlorothalonil	ND																
chlorpyriphos éthyl	0,159	0,156	0,164	0,454	ND	ND	0,218	0,12	0,097	0,186	0,185		ND	ND	ND	ND	ND
diazinon	ND																
dichlorvos	ND	ND	ND	<0,063	ND	ND	<0,063	ND	ND	ND	<0,063	ND	ND	ND	ND	ND	ND
diffufenicanil	ND																
diuron	ND																
endosulfan alpha	0,735	0,77	0,479	0,417	0,423	0,392	0,411	0,437	0,377	0,44	0,29	0,243	ND	<0,027	<0,027	0,117	0,166
endosulfan beta	<0,085	<0,085	<0,085	0,097	ND												
fenoxaprop ethyl	ND																
folpel	ND																
isoproturon	ND																
lindane	0,186	0,214	0,415	0,375	0,113	0,101	0,426	0,453	0,162	0,151	0,328	0,248	0,018	0,049	//	0,167	0,164
malathion	ND																
métolachlore	ND																
oxadiazon	ND																
parathion methyl	ND	<0,032	<0,032	<0,032	ND	ND	ND	ND	<0,032	<0,032	0,064	0,044	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine cis	ND																
perméthrine trans	ND																
tau-fluvalinate	ND																
tébuconazole	ND	<0,488	0,507	0,503	ND	ND	1,038	0,749	ND	<0,488	ND	<0,488	ND	ND	ND	<0,488	ND
terbuthylazine	<0,095	<0,095	ND	<0,095	ND												
trifluraline	ND																

Tableau 17 : résultats d’analyse des mousses des préleveurs Digitel (ng/m³)

filtres	25-26/06	26-27/06	27-28/06	28-29/06	29/06/01
	8h-8h	8h-8h	8h-8h	8h-8h	8h-20h
	partisol P2				
alachlore	ND	ND	ND	ND	ND
atrazine	ND	ND	ND	ND	ND
carbaryl	ND	ND	ND	ND	ND
chlorothalonil	ND	ND	ND	ND	ND
chlorpyriphos éthyl	ND	ND	ND	ND	ND
diazinon	ND	ND	ND	ND	ND
dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND
diflufenicanil	ND	ND	ND	ND	ND
diuron	ND	ND	ND	ND	ND
endosulfan alpha	ND	ND	ND	ND	ND
endosulfan beta	ND	ND	ND	ND	ND
fenoxaprop ethyl	ND	ND	ND	ND	ND
folpel	ND	18,7	ND	ND	ND
isoproturon	ND	ND	ND	ND	ND
lindane	ND	ND	ND	ND	ND
malathion	ND	ND	ND	ND	ND
métolachlore	ND	ND	ND	ND	ND
oxadiazon	ND	ND	ND	ND	ND
parathion methyl	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine trans	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine cis	ND	ND	ND	ND	ND
tau-fluvalinate	ND	ND	ND	ND	ND
tébuconazole	ND	ND	ND	ND	ND
terbuthylazine	ND	ND	ND	ND	ND
trifluraline	ND	ND	ND	ND	ND

mousses	25-26/06	26-27/06	27-28/06	28-29/06	29/06/01
	8h-8h	8h-8h	8h-8h	8h-8h	8h-20h
	partisol P2				
partisol	ND	ND	ND	ND	ND
atrazine	ND	ND	ND	ND	ND
carbaryl	ND	ND	ND	ND	ND
chlorothalonil	ND	ND	ND	ND	ND
chlorpyriphos éthyl	ND	ND	ND	ND	ND
diazinon	ND	ND	ND	ND	ND
dichlorvos	ND	ND	ND	ND	ND
diflufenicanil	ND	ND	ND	ND	ND
diuron	ND	ND	ND	ND	ND
endosulfan alpha	<0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5
endosulfan beta	ND	ND	ND	ND	ND
fenoxaprop ethyl	ND	ND	ND	ND	ND
folpel	ND	ND	ND	ND	ND
isoproturon	ND	ND	ND	ND	ND
lindane	0,4	0,4	0,4	<0,013	<0,013
malathion	ND	ND	ND	ND	ND
métolachlore	ND	ND	ND	ND	ND
oxadiazon	ND	ND	ND	ND	ND
parathion methyl	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine trans	ND	ND	ND	ND	ND
perméthrine cis	ND	ND	ND	ND	ND
tau-fluvalinate	ND	ND	ND	ND	ND
tébuconazole	ND	ND	ND	ND	ND
terbuthylazine	ND	ND	ND	ND	ND
trifluraline	ND	ND	ND	ND	ND

Tableau 18 : résultats d'analyse des filtres et mousses du préleveur Partisol (ng/m³)

Du tableau 16, qui présente les résultats d'analyse des filtres des Digitel (phase particulaire), on retire que le folpel, constituant principal du traitement réalisé, est détecté avant le jour du traitement (27/06 matin) sur les deux sites de prélèvements. On mesure là une valeur de fond locale de cette substance tout à fait significative (concentration supérieure à 10 ng/m³ le jour sur P1). Les concentrations relevées sont du même ordre de grandeur pour les deux sites considérés, celles de P2 sont toutefois légèrement inférieures en moyenne. Comme la parcelle suivie a pu faire l'objet de traitements au folpel les semaines précédentes, on peut supposer que nous avons observé un phénomène de revolatilisation d'un traitement antérieur.

On notera que le Tau-fluvalinate n'a pas fait l'objet de pulvérisation dans les semaines préalables, et qu'il n'apparaît uniquement qu'au moment du traitement.

Pour le Folpel, on notera une variation systématique entre les prélèvements effectués le jour et la nuit avant le traitement, avec des concentrations inférieures la nuit. On peut rapprocher cette observation des données météorologiques (température et rayonnement solaire), ce qui laisse penser à une influence de l'ensoleillement sur la revolatilisation. On remarquera que le methyl parathion et l'endosulfan, autres substances détectées, présentent les mêmes variations sur la durée de la campagne mais pour des concentrations beaucoup plus faibles (inférieures au ng/m³) qui peuvent être attribuées au niveau de fond ambiant.

De nombreux produits sont détectés au niveau de leur limite de détection (malathion, lindane, terbuthylazine, alachlore, atrazine,...).

Au vu du tableau 17, qui présente les résultats d'analyse des mousses des Digitel (phase gazeuse), on peut noter que les substances contenues dans le traitement ne sont pas détectées dans les mousses, ce qui conduit à dire qu'ils ne sont pas présents sous forme gazeuse dans l'atmosphère.

Inversement, certaines substances sont identifiées dans les mousses alors qu'elles ne l'étaient pas sur les filtres, ou s'y trouvent en plus grandes quantités. C'est le cas du Tébuconazole, du Lindane, du Chlorpyrifos ethyl, de l'endosulfan alpha,... Ces composés sont donc plutôt présents sous forme gazeuse.

On notera par ailleurs que les variations de concentrations entre le jour et la nuit ne ressortent pas cette fois de manière significative, sauf pour le Lindane pour lequel le phénomène est inversé par rapport à nos précédentes observations (plus abondant la nuit que le jour).

Dans l'ensemble, les concentrations mesurées sont faibles (inférieures au ng/m³) et ne semblent pas affectées par le traitement réalisé.

De l'observation des données de ces 2 tableaux, on peut conclure que l'utilisation de ce type de préleveur dans les conditions que nous avons retenues, est bien adapté pour ce type de campagne de mesures.

Du tableau 18, qui présente les résultats d'analyse des filtres et mousses du Partisol, il ressort que très peu de composés ont été identifiés et mesurés. On note la présence en phase particulaire de folpel en concentration non négligeable et uniquement lors du traitement, et pour la phase gaz de Lindane dans des concentrations du même ordre que celles observées sur les préleveurs grand volume (niveau de fond), et des traces d'Endosulfan (niveau de fond).

Ce type de préleveur (Partisol) est vraisemblablement à utiliser sur des périodes plus longues pour détecter et mesurer les substances présentes dans le bruit de fond ambiant, mais peut être aussi utilisé en champ proche d'une parcelle en cours de traitement.

**Dosage des pesticides sur prélèvements d'air
pesticide: FOLPEL**

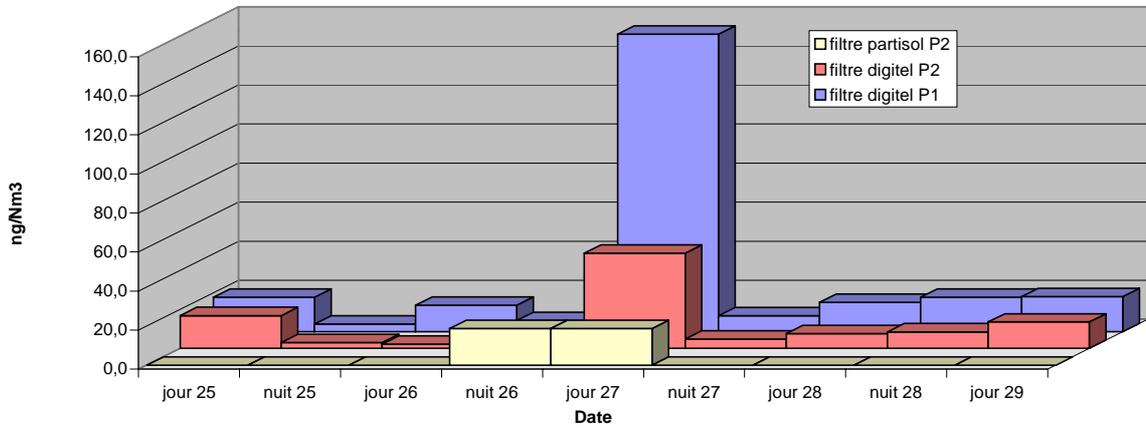


Figure 21

**Dosage des pesticides sur prélèvements d'air
pesticide: FOLPEL**

	DIGITEL				PARTISOL	
	point P1		point P2		point P2	
	mousse	filtre	mousse	filtre	mousse	filtre
jour 25	ND	17,797	ND	16,829	ND	ND
nuit 25	ND	3,931	ND	2,927	ND	ND
jour 26	ND	13,673	ND	2,122	ND	ND
nuit 26	ND	5,786	ND	1,854	ND	18.7 (*)
jour 27	ND	152,476	ND	48,780	ND	18.7 (*)
nuit 27	ND	8,178	ND	4,838	ND	ND
jour 28	ND	15,093	ND	7,578	ND	ND
nuit 28	ND	17,744	ND	8,465	ND	ND
jour 29	ND	18,074	ND	13,541	ND	ND

résultats en ng/Nm3

(*) concentration moyennée sur la nuit et le jour (24h)

Tableau 19

Les données présentées ci-dessus, spécifiques au Folpel, regroupent les différents type de préleveurs et points de mesures. On notera que lors de la phase de traitement la concentration en Folpel en champ proche (P1 / 300 m) dépasse les 150 ng/m³. Cette concentration intègre un prélèvement de 12 h, si l'on ramène celle-ci au temps du traitement soit 3h, on peut estimer la concentration moyenne en champ proche lors du traitement à quelques 600 ng/m³, pour 200 ng/m³ à 1,5 km.

On notera que même pour les concentrations les plus élevées, les mousses ne contiennent pas de Folpel alors qu'il peut être considéré comme très volatil compte tenu de sa constante de Henry (0.38). Ceci laisse penser qu'il est rapidement adsorbé sur les particules en suspension ou déposées sur le filtre. Si l'on compare avec les données de l'Endosulfan-alpha, il apparaît que ce composé devrait être moins volatil si l'on se base sur la constante de Henry (0.03) et la pression de vapeur ($2.3 \cdot 10^{-5}$ Pa). Or sa présence est plus marquée en phase gazeuse. Ces critères de classement de volatilité ne semblent donc pas systématiquement adaptés. Les résultats des prochaines campagnes permettront sans doute de valider cette remarque.

Sur le point le plus éloigné (P2 à 1,5 km), on remarquera que les données du Partisol recoupent parfaitement celles du Digitel, il faut en effet considérer l'aire des barres d'histogrammes pour les comparer. Cette observation tend à démontrer que les 2 types de préleveurs peuvent être employés pour des mesures effectuées à proximité de zones en cours de traitement.

On notera aussi que les phénomènes d'alternance jour/nuit ne sont pas observés après le traitement et que les concentrations relevées tendent à augmenter, peut être en raison des phénomènes de revolatilisation.

**Dosage des pesticides sur prélèvements d'air
pesticide: TAU FLUVALINATE**

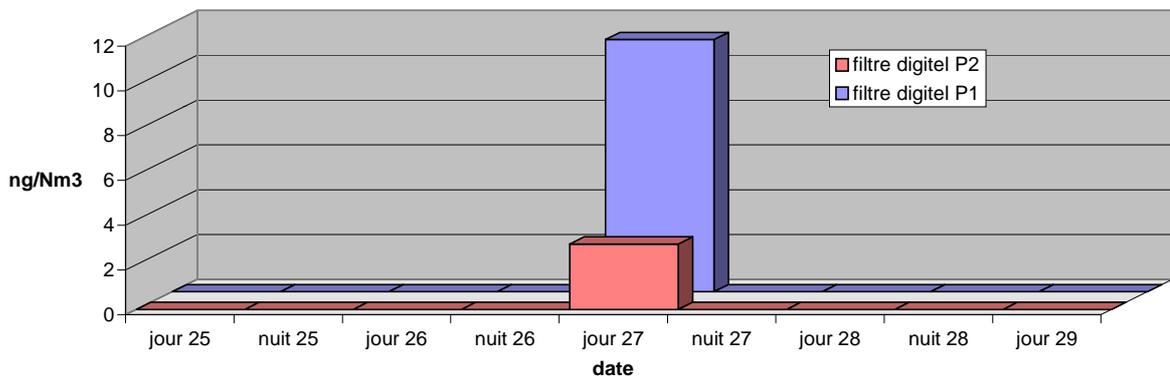


Figure 22

En ce qui concerne le Tau-fluvalinate, on remarque que seuls les préleveurs grand volume ont permis de le détecter. Les concentrations mesurées sur les différents sites sont beaucoup plus faibles que celles du Folpel (rapport d'environ 1 à 10), et présentent entre elles un rapport de l'ordre de 4, donc du même ordre de grandeur que celui constaté pour le Folpel. On peut penser que ces substances ont donc subi un transport (dérive) relativement identique et que les écarts observés ne sont dus qu'à la quantité pulvérisée et aux caractéristiques de volatilité. On notera en effet que la constante de Henry du Tau-fluvalinate n'est pas connue, mais que ce produit est beaucoup moins volatil que le Folpel (leurs pressions de vapeur diffèrent d'un facteur 1 000). Il ne serait donc affecté que par la dérive pendant traitement.

Dosage des pesticides sur prélèvements d'air
pesticide: TAU-FLUVALINATE

	DIGITEL				PARTISOL	
	point P1		point P2		point P2	
	mousse	filtre	mousse	filtre	mousse	filtre
jour 25	ND	ND	ND	ND	ND	ND
nuît 25	ND	ND	ND	ND	ND	ND
jour 26	ND	ND	ND	ND	ND	ND
nuît 26	ND	ND	ND	ND	ND	ND
jour 27	ND	11,258	ND	2,927	ND	ND
nuît 27	ND	ND	ND	ND	ND	ND
jour 28	ND	ND	ND	ND	ND	ND
nuît 28	ND	ND	ND	ND	ND	ND
jour 29	ND	ND	ND	ND	ND	ND

résultats en ng/Nm3

Tableau 20

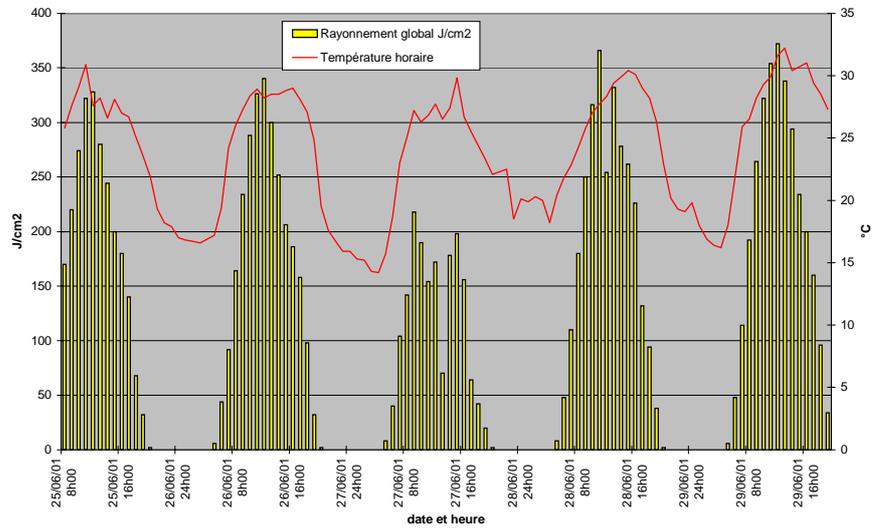


Figure 23

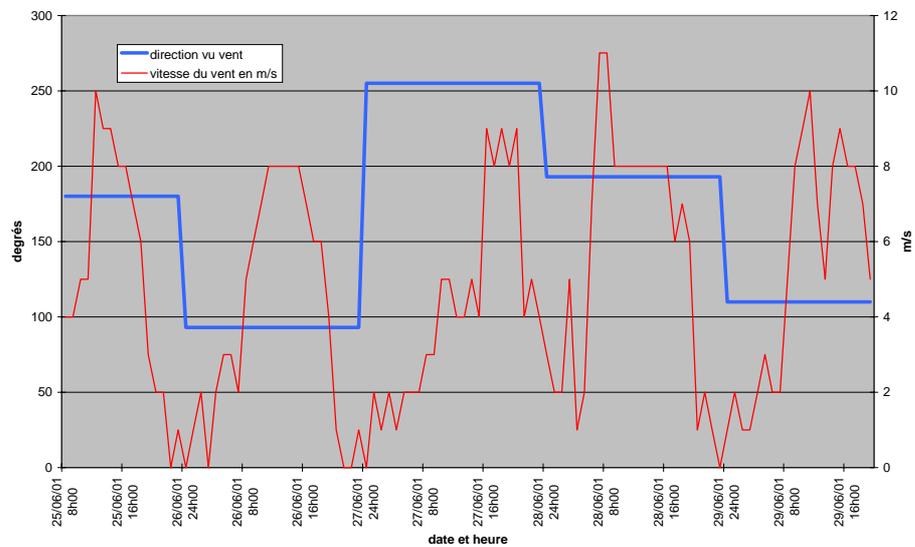


Figure 24

6.2 CAMPAGNE CHAMPAGNE-ARDENNE

A la demande de la DRIRE Champagne Ardenne, du SRPV et de l'AASQA (Atmo Champagne Ardenne), nous avons réalisé une campagne de mesures de 3 semaines au cours du mois d'octobre, afin de répondre aux besoins du PRQA.

Cette campagne comprenait 2 points de mesures distants de 60 km et situés l'un en zone urbaine (centre ville de Reims), le second en zone rurale (lycée agricole de Sommevesle près de Chalons). Elle était plutôt destinée à mesurer les niveaux de concentration de fonds relatifs aux grandes cultures. On notera toutefois que des traitements insecticides, herbicides ou fongicides pouvaient être effectués sur les préconisations du SRPV.

Les essais se sont déroulés avec la collaboration du personnel d'Atmo Champagne Ardenne et du lycée agricole de Sommevesle.

Les sites de mesures étaient équipés chacun d'un préleveur Digitel DA 80 qui effectuaient la collecte des particules totales quotidiennement sur une base de 24 h au débit de 40 m³/h. On notera à ce propos que des problèmes sont survenus épisodiquement sur les 2 sites lors de certains changements de support (mousse PUF) et au redémarrage de l'appareil (perte de charge trop élevée). Pour pallier à ces problèmes, il a été nécessaire de réduire le débit à 30 m³/h. Ce problème, rencontré pour la première fois, était vraisemblablement lié à une qualité variable des mousses qui occasionnait des variations de la perte de charge de cet élément du système de collecte, et une tension du réseau électrique sans doute légèrement inférieure à celle de nos essais en laboratoire.

Les mesures atmosphériques étaient complétées par des prélèvements d'eaux de pluie réalisés à l'aide de deux jauges pour chaque site, dont le relevé était hebdomadaire. Les composés recherchés étaient les mêmes que dans l'air ambiant (voir liste présentée dans le chapitre 3). Les échantillons (filtres, mousses) ont été extraits au soxhlet, ou en ampoule pour les eaux de pluie.

On signalera que les premières analyses ont montré des contaminations de certains échantillons atmosphériques par des phtalates, ce qui a nécessité des traitements de purification ayant entraîné un retard dans la remise des résultats. Ceux-ci seront communiqués en février 2002.

7. CONTACTS

- Expériences au sein des AASQA

Plusieurs contacts avec les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air ont été établis afin de connaître les projets qui sont en cours de réalisation, les substances étudiées, et leur proposer une méthodologie de prélèvement et d'analyse adaptée permettant le suivi des produits phytosanitaires.

ORAMIP (Toulouse) n'a pas démarré la phase expérimentale, le matériel nécessaire est actuellement en commande pour effectuer des prélèvements lors du premier trimestre 2002.

Air Breizh (Bretagne) est très intéressé par une collaboration avec l'INERIS, et pour l'instant travaille avec l'ENSP. Aucune mesure n'a été faite, mais le réseau souhaite commencer les mesures à partir de septembre. Il fera appel à l'INERIS dès le début de leurs premières mesures.

L'ASPA (Alsace) travaille principalement avec le Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère à Strasbourg, à qui elle fournit une partie du matériel de prélèvement. M.Millet de l'université de Strasbourg effectue à partir du mois de septembre une campagne de prélèvement sur une des stations de l'ASPA.

Atmos'fair (Dijon) nous a communiqué les substances qui étaient suivies en fonction du type de cultures traitées dans leur région. Une campagne de mesure est en prévision dans cette région au premier trimestre 2002. Signalons que la DRIRE locale a commandé une étude auprès d'un cabinet privé avec pour thème la faisabilité de campagnes de mesures en 2002, l'INERIS a été contacté par ce cabinet pour transmission d'informations.

Le réseau Lig'air a engagé une étude co-financée par l'ADEME basée, au niveau des produits suivis, sur l'activité régionale. Elle vise à comparer différents dispositifs de prélèvement associés à divers supports de piégeage. On retiendra l'emploi de préleveurs grand volume (Digitel et EuroPuf), moyens volume (Partisol) et bas volume (quelques l/min), ainsi que l'utilisation de supports, XAD2, mousse PUF et filtre quartz. Cette étude se poursuit en 2002.

- Air Lichens

Nous avons également établi des relations avec Air Lichens, spécialisé dans des mesures et des expertises de la qualité de l'air à partir d'analyse et d'observation de lichen.

Le lichen est un organisme symbiotique formé d'une algue ou d'une cyanobactérie enfermée dans un champignon. Le lichen a une croissance continue, et ne possède pas de cuticules, de ce fait, dès que les particules tombent sur le lichen, elles sont directement adsorbées, d'où son intérêt pour l'étude de la pollution atmosphérique.

Il existe une quarantaine d'espèces qui réagissent spécifiquement à différents polluants, mais à l'heure actuelle, il n'y a pas de possibilité de quantifier des composés présents car ces espèces sont beaucoup plus sensibles que les capteurs.

A partir du nombre d'espèces présentes par rapport au nombre d'espèces possibles, il est établi des cartographies qui sont représentatives d'une zone industrielle, d'une population, et donc de l'existence de pollution. Les pesticides organochlorés se retrouvent dans les lichens et l'analyse du lichen total est possible. Elle serait représentative de la bioaccumulation de ces composés dans l'environnement.

Il est prévu de travailler en partenariat avec Aair Lichens, sur un même site afin de pouvoir recouper ou compléter nos données. Le réseau Atmo'auvergne avec lequel Aair Lichens a déjà travaillé pourrait accueillir une campagne conjointe.

Ces contacts avec les AASQA et leurs partenaires sous-traitants seront poursuivis en 2002, afin de mettre en place un retour d'expérience mais aussi de compléter certaines études en cours ou en démarrage par la mise en œuvre de nos moyens de prélèvements et d'analyse.

- **Réflexion nationale sur la hiérarchisation des pesticides**

Parallèlement aux actions concernant la pollution des eaux par les pesticides, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (MAP) et le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) ont décidé de démarrer une réflexion nationale spécifique à l'eau, qui aura deux objectifs :

- Proposer une méthodologie pour hiérarchiser les substances sur des critères de risques,
- Créer le lieu de la concertation.

A cette fin, l'INERIS mènera en 2002 une étude spécifique concernant les critères et les méthodologies de classification des pesticides dans l'air, et d'autre part animera un groupe de pilotage national qui pourra valider les résultats. Ici sont présentées les premières réflexions dans le cadre de cette étude, qui sera complémentaire de celles actuellement menées dans le cadre du LCSQA.

Sur le plan technique, l'objectif de l'étude est de proposer une méthodologie pour hiérarchiser les substances sur des critères de risques. A cette fin les étapes suivantes sont identifiées : recueil de données sur les substances, choix des critères pertinents (utilisation éventuelle de modèles), étude comparative des méthodes multicritères, choix d'une méthode d'agrégation des critères et d'une stratégie de hiérarchisation.

Une première analyse des phénomènes ainsi que des méthodes d'aides à la décision existantes montre qu'il faut disposer, pour chaque molécule active, de données appartenant à chacun des trois ensembles suivants :

- (a) données relatives au devenir dans l'environnement : demi-vie dans les différents milieux, coefficients de partition entre milieux, etc ;
- (b) données relatives aux impacts : toxicité, écotoxicité, aiguës ou chroniques, etc ;
- (c) données relatives aux usages : données quantitatives (ventes sur le territoire, doses à l'hectare...), formulation, mode d'application, etc.

Plusieurs sources de données sont disponibles en France, à des degrés de confidentialité divers (ex : e-Phy, Agritox, SIRIS pour le milieu aquatique, données des producteurs, données fournies par les industriels dans le cadre des autorisations de mise sur le marché, publications ou travaux d'experts, etc.). Parallèlement, différentes bases de données extérieures à notre pays sont disponibles.

Dans le cadre d'une étude d'envergure nationale relative à la hiérarchisation des produits, valider une base ou une liste de données sera une étape importante. Il est nécessaire de disposer de valeurs pour chaque molécule, mais également de connaître le degré de fiabilité de chacune de ces valeurs : pour un paramètre donné, d'une part plusieurs valeurs peuvent être données par différents auteurs, et d'autre part les valeurs peuvent être obtenues par des méthodes différentes (ex pour les cas a et b : mesure en laboratoire avec méthode normalisée ou non, QSAR, avis d'expert, etc.)

Le deuxième objectif de l'initiative nationale dans laquelle s'inscrit l'étude de l'INERIS est de créer le lieu de la concertation, afin que toute méthodologie proposée soit discutée et approuvée le plus en amont possible, et reconnue par les acteurs au niveau local.

L'INERIS rendra compte avant tout aux Ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement, commanditaires. Ceux-ci pourront juger opportun que la tutelle de cette étude soit confiée au Comité de Liaison Eau-Antiparasitaires, auquel participent le MAP (directions DGAL et DERF), le MATE (directions DPPR et DE) et le Ministère de la Santé (DGS).

Mais les différentes phases de l'étude devront également être présentées et discutées activement au sein d'un groupe d'experts et/ou de pilotage. Celui-ci devra être constitué au minimum de représentants de chacun des ensembles suivants :

- 1- Pouvoirs publics, ADEME, instituts, gestionnaires de données, décideurs locaux
- 2- Industrie (producteurs)
- 3- Agriculture (utilisateurs et leurs conseillers)
- 4- Recherche scientifique
- 5- Un cinquième ensemble d'acteurs qui devrait être associé est celui lié aux cibles potentielles. Un problème particulier se pose cependant ici dans la mesure où via l'atmosphère tous les compartiments de l'environnement sont potentiellement exposés (eaux, sols, plantes...), de même que l'homme (exposition directe par inhalation, exposition indirecte par l'alimentation...).

La multiplicité des acteurs concernés rend alors délicate leur représentation : on pense en premier lieu aux associations de surveillance de la qualité de l'air, associations de protection de l'environnement, associations de consommateurs, et représentants des élus locaux ; mais peuvent être cités aussi les distributeurs d'eau, les acteurs de la chaîne alimentaire et de la santé publique, etc.

8. REFERENCES

[1] : M.S.Majewski, P.D.Capel. Pesticides in the atmosphere : distribution, trends, and governing factors. Ann Arbor Press.

[2] : J.Y.Zhu, P.H.Liu, X.S.Chai, K.R.Bullock, A.S.Teja. Henry's law constant of methanol in pulping spent liquors. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34, N°9.

[3] :A.Beyer, D.Mackay, M.Matthies, F.Wania, E.Webster. Diffuse geographic distribution of herbicides in Northern prairie wetlands. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2000, Vol 20, N°2.

[4] : J.Atienza, M.T.Tabernero, J.Alvarez-Benedi, M.Sanz. Volatilization of Triallate as affected by soil texture and air velocity. *Chemosphere* 2001, Vol 42.

[5] : L.Cox, R.Celis, M.C.Hermosin, J.Cornejo, A.Zsolnay, K.Zeller. Effect of organic amendments on herbicide sorption as related to the nature of the dissolved organic matter. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34, N°21.

[6] : J.Cornejo, H.Rudel. Determination of the volatility of pesticides from soil and plant surfaces. *Pesticides Soil Intereactions* 2000.

[7] : J.Gan, S.R.Yates, F.F.Ernst, W.A.Jury. Atmosphere pollutants and trace gasses degradation and volatilization of the fumigant Chloropicrin after soil treatment. *Journal Environmental Quality* 2000, N°29, p 1391-1397.

[8] : I.G.Dubus, J.M.Hollis, C.D.Brown. Pesticides in rainfall in Europe. *Environmental Pollution* 2000, Vol 110.

[9] : R.Bailey, L.A.Barrie, C.J.Halsall, P.Fellin, D.C.G.Muir. Atmospheric organochlorine pesticides in the western Canadian Arctic : evidence of transpacific transport. *Journal of Geophysical Research* 2000. Vol 105, N°D9, p 11805-11811.

[10] : I.C.Burkow , R. Kallenborn. Sources and transport of persistents pollutants to the Artic. *Toxicology Letters* 2000.

[11] : D.R.Cortes, R.A.Hites. Detection of statistically significant trends in the atmospheric concentrations of semi-volatile compounds. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34 (13).

[12] : A.Beyer, D.Mackay, M.Matthies, F.Wania, E.Webster. Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34 (4).

[13] : R.Tauler, D.Barcelo, E.M.Thurman. Multivariate correlation between concentrations of selected herbicides and derivatives in outflows from selected U.S.Midwestern Reservoirs. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34, N°16.

[14] : E.M.Thurman, A.E.Cromwell. Atmospheric transport deposition and fate of triazine herbicides and their metabolites in Pristine Aeras at Isle Royale National Park. *Environmental Science and Technology* 2000, Vol 34, N°15.

[15] : T.Watanabe. Prediction of pesticides concentrations in the atmosphere using an atmospheric diffusion model (Linear Source Plume Model). *Chemosphere* 2000, Vol 40, p 79-90.

[16] : D.B.Donald, J.Syrgiannis, F.Hunter, G.Weiss. Agricultural Pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands. *The Science of the Total Environment* 1999, Vol 231.

[17] : H.Karlsson, D.C.G.Muir, C.F.Teixiera, D.A.Burniston, W.M.J.Strachan, R.B.Hecky, J.Mwita, N.P.Griff, K.A.Kidd, B.Rosenberg. Persistent chlorinated pesticides in air, water, and precipitation from the lake Malawi Aera, Southern Africa. *Chemosphere*

[18] : M.Guidotti, R.Giovinazzo, O.Cedrone, M.Vitali. Determination of organic micropollutants in rain water fot laboratory screening of air quality inurban environment. *Environment International* 2000.

[19] : M.Gryniewicz, Z.Polkowska, T.Gorecki, J.Namiesnik. Pesticides in precipitation in the Gdansk region (Poland). *Chemosphere* 2001, N° 43, p 303-312.

[20] : I.Bar-Ilan, S.Shmerkin, U.Mingelgrin, D.Levanon. Survey of pesticide distribution in the upper Jordan Basin. *Water, Air and Soil Pollution* 2000, N°119, p 139-156.

[21] : T.Kromer, H.Ophoff, F.Führ. Photodegradation and volatilization of Parathion methyl on glass and soil dust under laboratory conditions. *Human and environmental exposure to xenobiotics* 1999, p 363-374.

[22] : I.K.Konstantinou, T.M.Sakellarides, V.A.Sakkas, T.A.Albanis. Photocatalytic degradation of selected s- triazine herbicides and organophosphorus insecticides over aqueous TiO₂ Suspensions. *Environmental Science and Technology* 2001, Vol 35, N°2, p 398-405.

[23] : N.Sauret, M.Millet, P.herckes, P.Mirabel, H.Wortham. Analytical method using gas chromatography and ion trap tandem mass spectrometry for the determination of s- triazines and their metabolites in the atmosphere. *Environmental pollution* 2000, Vol 110.

[24] : B.Gevao, K.T.Semple, K.C.Jones. Bound pesticide residues in soils : a review. *Environmental pollution* 2000, Vol 108.

[25] : G.L.Northcott, K.C.Jones. Experimental approaches and analytical techniques for determining organic compound bound residues in soil and sediment. *Environmental pollution* 2000, Vol 108.

[26] : J.H.Kim, A.Smith. Distribution of organochlorine pesticides in soils from South Korea. *Chemosphere* 2001, N°43, p 137-140.

[27] : A.Vanni, R.Gamberini, A.Calabria, P.Nappi. Determination and identification of metabolites of the fungicides Iprodione and Procymidone in compost. *Chemosphere* 2000, Vol 41.

ANNEXE

FICHES DE DONNÉES

INFORMATION SUR LE CONTENU DES FICHES

Dans ce document est rassemblé l'ensemble des pesticides de la sélection INERIS. Ces pesticides ont été choisis dans le cadre d'une étude destinée à la validation d'une méthode de prélèvement des pesticides dans l'air ambiant.

Chacune des fiches contient différentes rubriques :

- **L'identification**

Dans cette rubrique, sont indiquées des informations tel que :

- Le numéro C.A.S. : *le Chemical Abstract Service*. Ce numéro permet de retrouver le produit dans tous les pays. En effet, le nom du produit peut varier d'un pays à l'autre.
- *Les principaux synonymes français et anglais*
- *Le classement chimique*
- *Les différentes dénominations : C.A.S. et I.U.P.A.C*
- *La formule brute et la formule développée*

▪

- **Les propriétés physico-chimiques**

Tous les paramètres physico-chimiques n'ont pas été retenus, seul ceux qui nous paraissent les plus utiles dans notre étude sont indiqués.

- *La masse molaire en g/mol*
- *L'état physique à température ambiante*
- *La solubilité dans l'eau en mg/l : c'est la concentration massique de la substance dans l'eau à saturation. Une substance est insoluble quand sa solubilité est <1 mg/*
- *La pression de vapeur est exprimée en pascal : c'est la pression de saturation au-dessus d'une substance liquide ou solide*
- *La constante de Henry caractérise la propriété d'une substance à se partager entre les deux phases d'un système binaire air /eau. Elle est exprimée sans unité ou en Pa.m³/mol. Une substance est dite volatile si la constante de Henry est supérieur à.*
- *L'hydrolyse à pH 7*
 - *Le Coefficient de partage octanol/eau (Kow ou log p) : c'est le rapport des concentrations d'équilibre d'une substance dissoute dans un système à deux phases constitué de deux solvants qui ne se mélangent pratiquement pas.*
 - *Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) en cm³/g : coefficient de partage avec le carbone organique. Il sert à comparer les substances entre elles, à savoir celle qui aura le plus d'affinité avec le sol. Plus Koc est élevé, plus la substance se liera préférentiellement à la phase solide du sol par rapport à la phase aqueuse*

▪

▪ **La toxicité de la matière active**

- *DT 50* : demi-vie dans le sol, indique la persistance du produit dans le sol
- *DL 50* pour le rat par ingestion en mg/kg : C'est la dose létale de la substance active qui indique la dose unique censée provoquer la mort de 50% des animaux auxquels la substance a été administrée
- *DJA* : la dose journalière tolérable exprimée en mg/kg/jour, c'est la dose maximale qui si elle est ingérée quotidiennement n'entraîne pas d'effets chez l'homme.
- *Le classement toxicologique* indique le danger et les risques particuliers encourus lors de l'utilisation du produit.
 - L'utilisation
 - Les conditions d'emploi

Ces deux rubriques permettent de connaître mieux le produit, sur quel type de culture il est utilisé et quel type d'ennemi il combat. Les conditions d'emploi sont des mesures que doivent prendre l'utilisateurs lors de son utilisation.

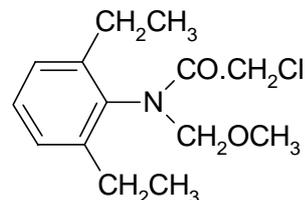
Alachlore

C.A.S. :15972-60-8

Classement chimique : chloroacetanilide herbicide

Formule brute : C₁₄H₂₀ClNO₂

Synonyme : métachlore



Dénominations :

- **C.A.S :** acetemide,2-chloro-N-(2,6-diethylphenyl)-N-(méthoxymethyl)-
- **I.U.P.A.C. :** 2-chloro-N-(2,6-diethylphenyl)-N-(méthoxymethyl)-acétamide

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 269,77 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 170 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1.9*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 2,1*10⁻³ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,08
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 122 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 11 jours
- **DL 50 pour le rat :** 1200 mg/kg
- **DJA :** 0,0005 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion, R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau, R40 possibilité d'effets irréversibles

Utilisation :

- **Maïs, Maïs doux** : (2400 g/ha et 2550g/ha en granulé
- **Soja** : (2400g/ha)

Condition d'emploi : applicable en pré-levée dans les 5 jours qui suivent le semis, en pré-semis (incorporé), en post semis et en post-levée précoce, selon les spécialités.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

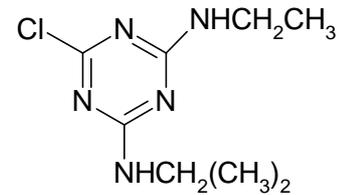
- Maïs grain : 0.05 mg/kg
- soja : 0,02 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, granulé, concentré soluble

En associations avec : atrazine, atrazine+pyridate

Atrazine

C.A.S : 1912-24-8



Classement chimique : chlorotriazine herbicide

Formule brute : C₈H₁₄ClN₅

Dénominations :

- **C.A.S :** 1,3,5-triazine-2,4-diamine,6-chloro-N-éthyl-N'-(1-méthyléthyl)-
- **I.U.P.A.C. :** 6-Chloro-N-éthyl-N'-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 215,69 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 33 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 4*10⁻⁵ Pa
- **Constante de Henry :** 2,6*10⁻³ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2,75
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 90 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 43 jours
- **DL 50 pour le rat :** 3080 mg/kg
- **DJA :** 0,0005 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R36 irritant pour les yeux, R20/22 nocif par inhalation et par ingestion, R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau, R40 possibilité d'effets irréversibles

Utilisation : la dose d'emploi est limitée à 1500g/ha quel que soit l'usage considéré (JO 13/07/90).

- **Maïs, Sorgho à grains :** (1500 g/ha)
- **Retrait d'homologation pour tout autres usages**

Condition d'emploi : applicable en pré-semis du maïs avec incorporation dans les 5 jours qui suivent le semis, en pré-semis (incorporé), en post semis et en post-levée précoce, selon les spécialités.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Maïs : 0.05 mg/kg
- Fruits et légumes, pommes de terre, graines oléagineuses, houblon, thé : 0,1 mg/kg

Formulations commercialisées : nombreuses formulations liquides et solides

En association avec : alachlore, diuron, métalochlor, pyridate, thyocyanate d'ammonium et de sodium

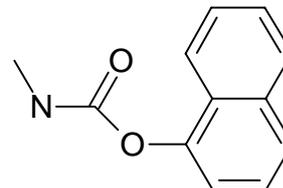
Carbaryl

C.A.S. : 63-25-2

Classement chimique : carbamate insecticide

Formule brute : C₁₂H₁₁NO₂

Synonyme : sevin



Dénominations :

- **C.A.S :** 1-naphtalenol,methylcarbamate
- **I.U.P.A.C. :** methylcarbamate de 1-naphtyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 201.23 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 113 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1.9*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 1.8*10⁻³ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2;36
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 120 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 10 jours
- **DL 50 pour le rat :** 850 mg/kg
- **DJA :** 0.1 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** Xn nocif, R22 nocif en cas d'ingestion, R40 possibilité d'effets irréversibles, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- **GRANDE CULTURE :** pomme de terre : *Doryphore* (850g/ha)
- **VITICULTURE :** vigne : *tordeuses* (150g/hl)
- **ARBRES FRUITIERS :** olivier : *cochenille, teigne* (150g/l)
pêcher : *tordeuse orientale* (150g/l)

pommier : *carpocapse* (100g/hl)

- CULTURE LEGUMIERE : asperge : *Criocère* (2975g/ha)

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 7 jours

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Les fruits à pépins et noyau, raisins, choux, salades : 3 mg/kg
- Les autres fruits et légumes, riz : 1 mg/kg
- Les autres céréales : 0.5 mg/kg

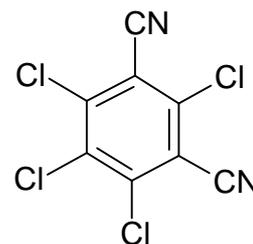
Chlorothalonil

C.A.S : 86-50-0

Classement chimique : isophtalonitrile fongicide

Formule brute : C₈ Cl₄N₂

Synonyme : tetrachloroisophtalonitrile, TPN



Dénominations :

- **C.A.S :** 1,3-benzènedicarbonitrile,2,4,5,6-tetrachloro-
- **I.U.P.A.C.** Tetrachloroisophtalonitrile

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 265,92 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 0,6 mg/l
- **Pression de Vapeur :** $4 \cdot 10^{-5}$ Pa
- **Constante de Henry :** $7,7 \cdot 10^{-3}$ Pa·m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,38
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1380 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 30 jours
- **DL 50 pour le rat :** >10000 mg/kg
- **DJA :** 0,01 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nocif (Xn), 40 possibilité d'effets irréversibles

Utilisation :

- GRANDE CULTURE : blé : *Septorioses* (1100 g/ha) ; pois protéagineux : *Anthracnose, Pourriture grise* (1500 g/ha) ; pomme de terre : *Mildiou* (1500g/ha)
- CULTURE LEGUMIERE : ail : *Rouille* (1500 g/ha) ; asperge : *Stemphylium vesicarium* (2500g/ha) ; concombre : *Mildiou, Alternaria* (1500 g/ha) ; cornichon, courgette : *Anthracnose, Mildiou* ; échalote, oignon, chou, radis : *Mildiou* ; fraisier : *Anthracnose* ; melon : *Anthracnose, Mildiou, Cladosporiose* ; poireau : *Mildiou, Alternaria, Rouille* ; pois de conserve ; *Anthracnose, Pourriture grise* ; tomate : *Cladosporiose, Mildiou, Pourriture des fruits, Pieds noir, Alternariose* (1500 g/ha)

Condition d'emploi : delai d'emploi avant récolte : 3 jours sur concombre, cornichon, melon, tomate ; 10 jours sur fraisier ; 15 jours sur ail, échalote, oignon, poireau, pois de conserve, radis ; 21 jours sur lentille.

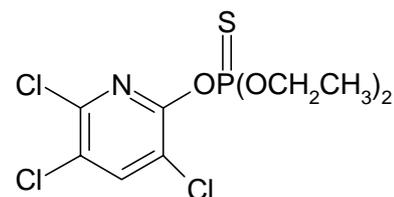
Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- poireaux : 5 mg/kg
- airelle, fraises, pois : 2 mg/kg
- raisin, concombre, melon : 1 mg/kg
- legumes-bulbes, choux de bruxelles : 0.5 mg/kg
- banane : 0.2 mg/kg
- avoine, blé, orge, seigle, triticales, thé : 0.1mg/kg
- haricot vert : 0.02 mg/kg
- Fruits et légumes, pommes de terre, graines oléagineuses
- Autres fruits et légumes, autres céréales, pommes de terre, graines oléagineuses : 0.01mg/kg

Formulations commercialisées : suspension concentrée, granulés à disperser dans l'eau, poudre mouillable, suspoémulsion

En association avec : bénomyl, carbendazine, cymoxanil, folpel, fenpropidine...

Chlorpyrifos-éthyl

2921-88-2**Classement chimique :** organophosphoré insecticide**Formule brute :** C₉H₁₁Cl₃NO₃PS**Synonyme :** Dursban, trichlorméthylfos**Dénominations :**

- **C.A.S :** phosphorothioic acid,O,O-diéthyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) ester
- **I.U.P.A.C. :** Phosphorothioate de O-3,5,6-trichloro-2-pyridyle) et de O,O-diéthyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 350.62 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 2 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2,5*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 1,75 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,7
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 6070 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 35 jours
- **DL 50 pour le rat :** 163 mg/kg
- **DJA :** 0,001 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), toxique (T), R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R24/25 toxique par contact avec la peau et par ingestion, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- **Maïs:** Pyrale (375 g/ha)
- **Vigne :** Tordeuses (285 g/ha), Cochenilles (342 g/ha)

- **Pêcher** : Cochenille du mûrier (50 g/hl)

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 21 jours sur vigne, 30 jours sur pêcher

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- agrumes : 0,3 mg/kg
- fruits à pépins, raisins : 0,5 mg/kg
- kiwi : 2mg/kg
- autres fruits et légumes, céréales, graines oléagineuses, pommes de terre :0.05 mg/kg
- fraises, fruits à noyau :0,2 mg/kg
- thé, carotte : 0,1 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, granulé, appât prêts à l'emploi

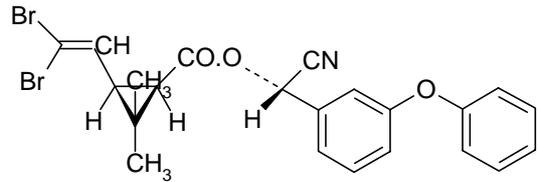
En associations avec : cyperméthrine, diméthoate, lindane

Déltaméthrine

C.A.S : 52918-63-5

Classement chimique : pyréthriinoïde insecticide

Formule brute : C₂₂H₁₉Br₂NO₃



Dénominations :

- **C.A.S :** [1R-[1?(S*),3?]]-cyano(3-phenoxyphenyl)methyl 3-(2,2-dibromoethyl)-2,2-diméthylcyclopropanecarboxylate
- **I.U.P.A.C. :** (1R,3R)-3-(2,2-Dibromovinyl)-2,2-diméthylcyclopropane-1-carboxylate de (S)-cyano(3-phenoxyphenyl)méthyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 505.21 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 0,002 mg/l
- **Pression de Vapeur :** $2 \cdot 10^{-6}$ Pa
- **Constante de Henry :** $>0,75 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mole}$
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 5,4
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 460000 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 32 jours
- **DL 50 pour le rat :** 66,7 mg/kg
- **DJA :** 0,01 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), toxique (T), R23/25 toxique par inhalation et ingestion, R50 très toxique pour les organismes

Utilisation : principales utilisations en grandes cultures en traitement des parties aériennes sur :

- **Céréales :** Pucerons sur feuillage, Tordeuses (7,5 g/ha)
- **Vigne :** Tordeuses (1,75 g/ha), chenilles, drosophiles
- **Crucifères oléagineuses :** Charançon

- **Maïs** : Pyrale(12,5 g/ha)
- **Arbres fruitiers** :

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 3 jours sur aubergine, concombre, cornichon, tomate ; 7 jours sur laitue, pissenlit, poireau, abricotier, cerisier ; 15 jours sur betterave, maïs doux ; 21 jours sur cultures légumières

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

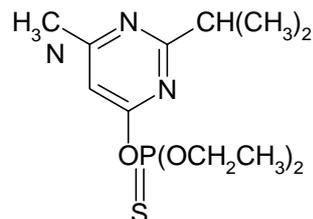
- Céréales : mg/kg
- Thé, houblon : 5 mg/kg
- Fines herbes, laitue et similaires :0,5 mg/kg
- Groseille, habricot, maïs doux : 0,2 mg/kg
- Colza, fruits à noyau et à pépins, olive, raisin :0,1 mg/kg
- fèves de cacao, pomme de terre :0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, granulé, microgranulé, liquide et suspension pour application à très bas volume, poudre mouillable, poudre pour poudrage

En associations avec : chlorpyriphos méthyl, endosulfan, pyrimicarbe

Diazinon

C.A.S : 333-41-5



Classement chimique : organophosphoré insecticide

Formule brute : C₁₂H₂₁O₃N₂PS

Dénominations :

- **C.A.S :** PHOSPHOROTHIOIC ACID,O,O-DIETHYL O-(6-METHYL-2-(1-METHYLETHYL)-4-PYRIMIDINYL) ESTER
- **I.U.P.A.C. :** Phosphorothioate de O,O-diéthyle et de O-(2-isopropyl-6-méthylpyrimidin-4-yle)

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 304,35 g/mol
- **Etat Physique :** liquide huileux
- **Solubilité dans l'eau :** 40 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 8*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 1,15*10⁻² Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,81
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1000 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 11 jours
- **DL 50 pour le rat :** 300 à 850 mg/kg
- **DJA :** 0,002 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion, R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- **GRANDE CULTURE :** betterave : *pégomyie (168 g/ha)*

- VITICULTURE : vigne : *tordeuses* (30 g/hl)
- ARBRES FRUITIERS : cerisier : *mouche* (30 g/l), olivier: *mouche* (25 0g/l), pommier : *Pucerons, carpocapse* (30 g/hl)
- CULTURES LEGUMIERES : asperge : *mouche* (30 g/ha)

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 15 jours sur Arbres fruitiers, 21 jours sur oliviers. Traitement sur partie aérienne et en traitement de sol.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Fruits à coques et Céréales : 0,05 mg/kg
- Carotte, céleri, chou, échalote, oignon, persil, autres fruits et légumes : 0,5mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, suspension de capsules.

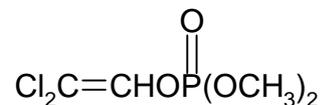
En associations avec : cyperméthrine et lindane

Dichlorvos

C.A.S : 62-73-7

Classement chimique : organophosphoré insecticide

Formule brute : C₄H₇Cl₂O₄P



Dénominations :

- C.A.S : PHOSPHORIC ACID,2,2-DICHLOROETHENYL DIMETHYL
- I.U.P.A.C. : Phosphate de 2,2-dichlorovinyle et de diméthyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 220.98 g/mol
- **Etat Physique :** liquide
- **Solubilité dans l'eau :** 8000 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 0,3 Pa
- **Constante de Henry :** 0,19 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 1,43
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 149 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 1 jours
- **DL 50 pour le rat :** 80 mg/kg
- **DJA :** 0,004 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** toxique (T), R24/25 toxique par contact avec la peau et par ingestion

Utilisation :

- **TRAITEMENTS GENERAUX :** toutes cultures : *sésie* (200 g/ha)
 - **VITICULTURE :** pyrale, vigne : *tordeuses* (125 g/hl)

- CULTURES ORNEMENTALES : rosier : *Pucerons (100 g/hl)*
- CULTURES LEGUMIERES : chou, laitue, mâche : *Pucerons (100 g/hl)*

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 5 jours sur arbres fruitiers, cultures légumières. Traitement interdit pendant la floraison.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Fruits et légumes : 0,1 mg/kg
- céréales: 2 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable

En associations avec : chlorpyrifos-méthyl,huile de pin + malathion, malathion +pyréthrines.

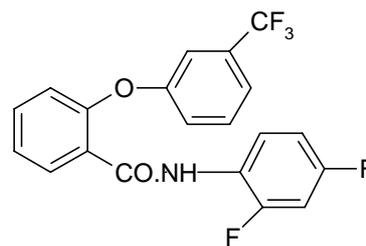
Diflufénicanil

C.A.S : 83164-33-4

Classement chimique : phénoxy nicotilanilide herbicide

Formule brute : C₁₉H₁₁F₅N₂O₂

Synonyme : diflufenican



Dénominations :

- **C.A.S :** 3-PYRIDINECARBOXAMIDE,N-(2,4-DIFLUOROPHENYL)-2-[3-(TRIFLUOROMETHYL)PHENOXY]-
- **I.U.P.A.C. :** N-(2,4-Difluorophenyl)-2-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]-nicotinamide

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 394.30 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 0,05 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 7,07*10⁻⁵ Pa
- **Constante de Henry :** 0,033 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,9
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1990 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 150 jours
- **DL 50 pour le rat :** 2000 mg/kg
- **DJA :** 0,25 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** exempté de classement, R52 nocif pour les organismes aquatiques, R53 peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatiques

Utilisation :

Céréales : non utilisé seul mais en association avec d'autres matières actives

Condition d'emploi :

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Avoine, blé, orge, sarrasin, seigle, triticale : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, suspension concentrée

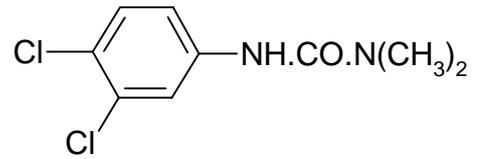
En associations avec : ioxynil + bromoxynil, ioxynil + MCPP, isoproturon,

Diuron

C.A.S : 330-54-1

Classement chimique : herbicide urée substituée

Formule brute : C₉H₁₀N₂OCl₂



Dénominations :

- **C.A.S :** UREA,N'-(3,4-DICHLOROPHENYL)-N,N-DIMETHYL-
- **I.U.P.A.C. :** 3-(3,4-Dichlorophényl)-1,1-diméthylurée

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 233.10 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallise
- **Solubilité dans l'eau :** 34 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 9,20*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 5,1*10⁻⁵ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2,71
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 479 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 129 jours
- **DL 50 pour le rat :** 3400 mg/kg
- **DJA :** 0,015 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R48/22 nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion, R22 nocif en cas d'ingestion, R40 possibilité d'effets irréversibles, R50/53 très toxique pour les organismes aquatiques peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique

Utilisation :

- **GRANDE CULTURE :** luzerne : (2400 g/ha)
 - **VITICULTURE :** vigne : tordeuses (2400 g/ha)

- ARBRES FRUITIERS : poirier-cognassier-nashi, pommier : (24000 g/ha), olivier: mouche (25 0g/l), pommier : Pucerons, carpocapse (30 g/hl)
- CULTURES LEGUMIERES : asperge : (1500 g/ha), lentille :(600 g/ha)
- CULTURES TROPICALES : ananas, bananier, canne à sucre : 2000g/ha

Condition d'emploi : applicable pendant le repos végétatif de la sortie de l'hiver, lorsque les herbes sont au stades plantule

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Raisins :0,02 mg/kg
- Pomme :0,1mg/kg

Formulations commercialisées : poudre mouillable, granulés à disperser dans l'eau, concentré soluble, suspension concentrée, granulés solubles dans l'eau, granulé.

En associations avec : aminotriazole, atrazine, bromacil, glyphosate, linuron, métazachlore...

Epoxyconazole

C.A.S. : 106325-08-0

Classement chimique : triazole fongicide

Formule brute : C₁₇H₁₃ClFN₃

Dénominations :

- **C.A.S :** 1H-1,2,4-TRIAZOLE, 1-[[3-(2-CHLOROPHENYL)-2-(4-FLUOROPHENYL)OXIRANYL]METHYL]-, CIS
- **I.U.P.A.C. :** (2RS,3SR)-1-[3-(2-chlorophenyl)-2,3-epoxy-2-(4-fluorophenyl)propyl]-1H-1,2,4-triazole

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 329,80 g/mol
- **Etat Physique :** solide
- **Solubilité dans l'eau :** 7mg/l
- **Pression de Vapeur :** <0.01*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** //
- **Hydrolyse à Ph 7 :** stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,44
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1200 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 117 jours
- **DL 50 pour le rat :** >5000 mg/kg
- **DJA :** 0,005 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R48/22 nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion, R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R51 toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- Avoine : *Rouille couronnée*(125 g/ha)
- Blé : *Oïdium, rouille brune, rouille jaune, septorioses, fusariose sur épis* (125 g/ha), *pietin verse* (187,5 g/ha)
- Orge : *Oïdium, Helminthosporiose, rouille naine , rouille jaune* (125 g/ha)
- Seigle : *rouille brune, Rhynchosporiose*(125g /ha)
- Triticale : *rouille brune, septorioses* (125 g/ha)

Condition d'emploi : application de la montaison à l'épiaison

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Avoine,blé, orge, sarrasin, seigle, triticale : 0,05 mg/kg

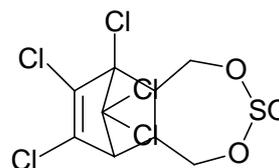
Endosulfan

C.A.S : 115-29-7

Classement chimique : organochloré insecticide

Formule brute : C₉H₆Cl₆O₃S

Synonyme : thiodan



Dénominations :

- **C.A.S :** 6,9-METHANO-2,4,3-BENZODIOXATHIEPIN,6,7,8,9,10,10-HEXACHLORO-1,5,5a,6,9,9a-HEXAHYDRO-3-OXIDE
- **I.U.P.A.C. :** 3-Oxyde de 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3-benzodioxathiepine

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 406,96 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallise
- **Solubilité dans l'eau :** 0,32 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2,30*10⁻⁵ Pa
- **Constante de Henry :** 2,90*10⁻² Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,6
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 12400 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 120 jours
- **DL 50 pour le rat :** 3400 mg/kg
- **DJA :** 0,015 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), toxique (T), R36 irritant pour les yeux, R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R24/25 toxique par contact avec la peau et par ingestion, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- GRANDE CULTURE : céréales : *pucerons sur épis*(525 g/ha), crucifères oléagineuses : *charançon* (612,5 g/ha), pois protéagineux : *puceron* (612,5 g/ha)
 - ARBRES FRUITIERS : abricotier, cassissier, framboisier, noisetier, noyer, pêcher, poirier-cognassier-nashi, pommier
 - CULTURES LEGUMIERES : acariens, artichaut, asperge, laitue, chou, fraisier, melon
 - CULTURES TROPICALES : ananas, bananier, canne à sucre : 2000g/ha

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 15 jours sur artichaut, asperge, chou, froisier, pois de conserve ; 3 jours sur concombre, melon

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Les fruits et autres légumes :1 mg/kg
- Légumes-racines, maïs :0,2 mg/kg

Formulations commercialisées :concentré émulsionnable, suspension concentrée pour le traitement des semences, poudre mouillable pour traitement humide.

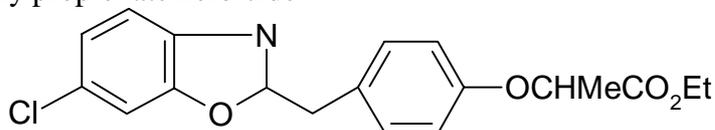
En associations avec : deltaméthrine, lindane, parathion éthyl, thiométhon, anthraquinone, thiabendazole, triacétate de guazatine

Fenoxaprop-p-éthyl

C.A.S : 71238-80-2

Classement chimique : aryloxyphénoxy propionate herbicide

Formule brute : C₁₈H₁₆ClO₅N



Dénominations :

- **C.A.S :** PROPANOIC ACID, 2-[4-[(6-CHLORO-2-BENZOXAZOLYL)OXY]PHENOXY]-, ETHYLESTER, (R)-
- **I.U.P.A.C. :** (RS)-2-[4-(6-chloro-1,3-benzoxazol-2-yloxy)phénoxy]propionic acid

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 361,80 g/mol
- **Etat Physique :** solide
- **Solubilité dans l'eau :** 0,9 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 5,57*10⁻⁴ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,12
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 9490 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 9 jours
- **DL 50 pour le rat :** 3040 mg/kg
- **DJA :** 0,009 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** irritant (Xi), R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau

Utilisation :

- Blé tendre d'hiver, blé tendre de printemps, blé dur d'hiver, blé dur de printemps, seigle, triticales : (*granulés annuelles*) (82,8 g/ha blé d'hiver, 69 g/ha blé de printemps, seigle, triticales (82,8 g/ha))

Condition d'emploi : du stade 2 feuilles au stade 2 nœuds des cultures et au delà ;

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Avoine, blé, orge, seigle, triticales :0,05 mg/kg

Formulations commercialisées :émulsion de type aqueux, concentré émulsionnable, suspension concentrée.

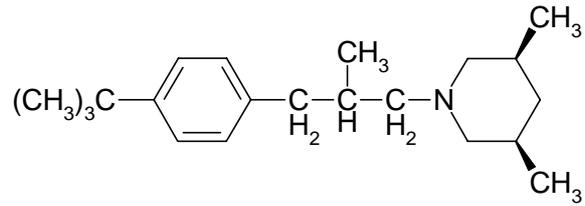
En associations avec : diclof-méthyl, ioxynil + mécoprop-p, isoproturon, metsulfuron-méthyl.

Fenpropimorphe

C.A.S : 67564-91-4

Classement chimique : morpholine fongicide

Formule brute : C₂₀H₃₃NO



Dénominations :

- **C.A.S :** MORPHOLINE, 4-[3-[4-(1,1-DIMETHYLETHYL)PHENYL]-2-METHYLPROPYL]-2,6-DIMETHYL-, CIS- UREA,N'-(3,4-DICHLOROPHENYL)-N,N-DIMETHYL-
- **I.U.P.A.C. :** (RS)-cis-4-[3-(4-tert-butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethylmorpholine

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 303,50 g/mol
- **Etat Physique :** liquide
- **Solubilité dans l'eau :** 4,3 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2,30*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 0,16 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,06
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 2772 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 67 jours
- **DL 50 pour le rat :** 3650 mg/kg
- **DJA :** 0,003 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R38 irritant pour la peau, R20 nocif par inhalation, R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R51 toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- Blé, orge : *Oïdium*, *Rouille brune*, *Rouille jaune* (750 g/ha)
- Betterave : *Oïdium* (750 g/ha)
- Tournesol : *Phomopsis* (600 g/ha)

Condition d'emploi :

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Avoine, blé, orge, sarrasin, seigle, triticales : 0,1 mg/kg
- Betterave : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, suspension concentrée.

En associations avec : carbendazime, chlorothalonil, fenpropidine, mancozèbe, prochloraze, propiconazole, tridémorphe

Folpel

C.A.S : 133-07-3

Classement chimique : phtalimide fongicide

Formule brute : C₉H₄Cl₃NO₂S

Synonyme : Folpet



Dénominations :

- **C.A.S :** 1H-ISOINDOLE-1,3(2H)-DIONE,2-[(TRICHLOROMETHYL)THIO]
- **I.U.P.A.C. :** N-[(trichloromethyl)thio]phtalimide

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 296,56 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallise
- **Solubilité dans l'eau :** 1 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,30*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 0,38 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,1
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 7000 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 2 jours
- **DL 50 pour le rat :** >10000 mg/kg
- **DJA :** 0,01 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R36 irritant pour les yeux, R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau, R40 possibilité d'effets irréversibles

Utilisation :

- Pommier : tavelure (100 g/hl)
- Vigne : Mildiou (1500 g/ha)

- Pomme de terre : Mildiou (150 g/hl et 1800 g/ha en poudrage)
- Pois : Pourriture grise (1500 g/ha)

Condition d'emploi : incompatible avec les produits huileux (risques de phytotoxicité) et avec les produits alcalins. Délai d'emploi avant récolte : 3 jours sur tomate, 21 jours sur laitue, vigne, pois,

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Fruits à pépins, baies et petits fruits, raisin, tomate : 3 mg/kg
- Fruits à noyau, chicorée, scarole, laitue, haricot, poireau, pois, endive : 2 mg/kg
- Autres fruits et légumes : 0,1 mg/kg

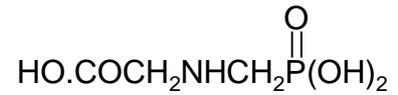
Formulations commercialisées : poudre mouillable, suspension concentrée.

En associations avec : cuivre, cymoxanil, manèbe, métalaxyl, soufre, ofurace

Glyphosate

C.A.S : 1071-83-6

Classement chimique : aminophosphonate herbicide



Formule brute : C₃H₈NO₅P

Dénominations :

- **C.A.S :** GLYCINE,N-(PHOSPHONOMETHYL)-
- **I.U.P.A.C. :** N-(Phosphonomethyl)glycine

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 169,08 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallise
- **Solubilité dans l'eau :** 11600 mg/l
- **Pression de Vapeur :** //
- **Constante de Henry :** 4,60*10⁻¹⁰ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** -1,9
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 750 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 47 jours
- **DL 50 pour le rat :** 4900 mg/kg
- **DJA :** 0,3 mg/kg/jour
- **Classement toxicologique :** exempté de classement

Utilisation :

- **TRAITEMENTS GENERAUX :** désherbage en zone cultivées après récolte, désherbage en zone cultivées avant mise en culture, désherbage en zones cultivées avant récolte (*blé tendre, orge d'hiver*)
- **ARBRES FRUITIERS :** cerisier, poirier-cognassier-nashi, pommier, prunier (*cultures installées*)
- **VITICULTURE :** vigne (*cultures installées*)

- CULTURES FORESTIERES : conifères, feuillus de forêt (plantations, dégagement)
- JACHERE SEMEE ET SPONTANEE : limitation de la pousse et de la fructification

Condition d'emploi : traitement sur mauvaises herbes bien développées, en végétation active. Délai d'emploi avant récolte : 30 jours sur cultures légumières

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

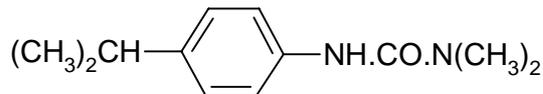
- Colza, lin : 10 mg/kg
- Blé, seigle, triticales : 5 mg/kg
- Orge, avoine : 20 mg/kg
- Autre céréales, pomme de terre, autres fruits et légumes, houblon, thé, autres graines oléagineuses : : 0,1 mg/kg
- Champignon sauvage : 50mg/kg

Formulations commercialisées : suspension concentrée, générateur aérosol, liquide destiné à être utilisé sans dilution, concentré émulsionnable.

En associations avec : terbuthylazine, diuron, + terbuthylazine

Isoproturon

C.A.S : 34123-59-6

Classement chimique : urée substituée herbicide**Formule brute :** C₁₂H₁₈N₂O**Dénominations :**

- **C.A.S :** N,N-DIMETHYL-N'-(4-(1-METHYLETHYL)PHENYL)-UREA
- **I.U.P.A.C. :** 3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethyluree

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 206,29 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallise
- **Solubilité dans l'eau :** 70 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 3,30*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 9,7*10⁻⁶ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2,25
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 124 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 22 jours
- **DL 50 pour le rat :** 1800 mg/kg
- **DJA :** 0,006 mg/kg/jour (FAO/OMS)
- **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion, R53 peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique, R40 possibilité d'effets irréversibles, R50 très toxique pour les organismes aquatique

Utilisation :

- Céréales d'hiver : *blé tendre, orge (1800 g/ha)*

Condition d'emploi : traitement en post-levée de la culture

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Orge, avoine, blé, sarrasin, seigle, triticales : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : suspension concentrée, granulé

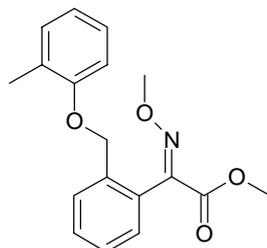
En associations avec : amidosulfuron, bifénox, dicamba, diflufénicanil, dinoterbe, fénoxaprop-p-éthyl, néburon, triasulfuron, mécoprop....

Krésoxim-méthyl

C.A.S : 143390-89-0

Classement chimique : strobiline fongicide

Formule brute : C₁₈H₁₉NO₄



Dénominations :

- **C.A.S :** (E)-alpha-(méthoxyimino)-2-[(2-méthylphénoxy)méthyl]benzèneacétic acid méthyl ester
- **I.U.P.A.C. :** méthyl (E)-2-méthoxyimino-2-[2-(O-tolyloxyméthyl)phenyl]acétate

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 313,30 g/mol
- **Etat Physique :** solide
- **Solubilité dans l'eau :** 2 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2,30*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 3,6*10⁻⁴ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** 34 jours
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,4
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 307 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 15 jours
 - **DL 50 pour le rat :** >5000 mg/kg
 - **DJA :** 0,4 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nature (N), 53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- CULTURES ORNEMENTALES : dahlia, géranium, roses... :*moisissure, la Rouille, le Mildiou*

Condition d'emploi : traitement en post-levée de la culture

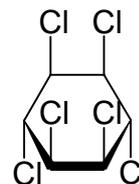
Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Orge, avoine, blé, sarrasin, seigle, triticales : 0,05 mg/kg
- Fruits à pépins : 0,1 mg/kg
- Raisin : 1 mg/kg

Formulations commercialisées : poudre mouillable

En association avec : époxiconazole

Lindane

C.A.S : 58-89-9**Classement chimique :** organochloré insecticide-nématicide**Formule brute :** C₆H₆Cl₆**Synonyme :** Benzène hexachloride, gamma HCH**Dénominations :**

- **C.A.S :** 1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 249,1 g/mol
- **Etat Physique :** solide
- **Solubilité dans l'eau :** 8,5 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,2*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 0,98 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,66
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1100 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 121 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 88 mg/kg
 - **DJA :** 0,001 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nature (N), toxique (T), toxique par inhalation, par contact avec la peau (R23/R24/R25), irritant pour les yeux et la peau (R36/R38), peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique (R53), très toxique pour les organismes aquatiques (R50)

Utilisation : La dose d'emploi en traitement de sol est limitée à 1350 g/ha. Retrait d'homologation pour les traitements généraux (appâts) : vers gris, noctuelles terricole ainsi que les usages sur bananier, asperge, laitue chou

- TOUTES CULTURES : taupins, Vers blancs

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 15 jours

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Légumes-feuilles : 2 mg/kg
- Autres fruits et légumes : 1 mg/kg
- Fruits à noyau, raisin , tomate : 0,5 mg/kg
- Carotte, céréales : 0,1 mg/kg
- Betterave, maïs, tournesol : 0,05 mg/kg
-

Formulations commercialisées : suspension concentrée, concentré émulsionnable, poudre mouillable

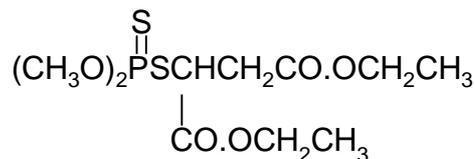
En associations avec : aldicarbe, anthraquinone, carbofuran, endosulfan, manèbe...

Malathion

C.A.S : 121-75-5

Classement chimique : organophosphoré insecticide

Formule brute : C₁₀H₁₉O₆PS₂



Dénominations :

- **C.A.S :** BUTANEDIOIC ACID, [(DIMETHOXYPHOSPHINOTHIOYL) THIO] - DIETHYL ESTER
- **I.U.P.A.C. :** Phosphorodithioate de S-[1,2-bis-(éthoxycarbonyl)]éthyle et de O,O-diméthyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 330,3 g/mol
- **Etat Physique :** liquide
- **Solubilité dans l'eau :** 145 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,1*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 2,8*10⁻³ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2,84
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1800 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 1 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 480 à 1150 mg/kg
 - **DJA :** 0,3 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion

Utilisation :

- **GRANDES CULTURES :** crucifères oléagineuses : (700 g/ha)
- **VITICULTURE :** vigne : *tordeuses* (75 g/l)

- ARBRES FRUITIERS : cerisier : *mouche* (100 g/hl) ; pêcher : *puceron vert* (75 g/hl) ; pommier, poirier : *puceron, carpocapse* (75 g/hl)
 - CULTURES LEGUMIERES : chou, laitue, pois : *puceron* (75g/hl)
 - CULTURES ORNEMENTALES : rosier : *pucerons* (75g/hl)
-

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 7 jours

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Légumes : 3 mg/kg
- Autres fruits et légumes-racines : 0,5 mg/kg
- agrumes : 2 mg/kg
- céréales : 8 mg/kg
-

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable

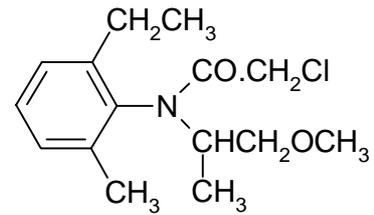
En associations avec : cymethrine+fenitrothion...

Métolachlore

C.A.S : 51218-45-2

Classement chimique : chloroacétamide herbicide

Formule brute : C₁₅H₂₂Cl₆NO₂



Dénominations :

- **C.A.S :** ACETAMIDE,2-CHLORO-N-(2-ETHYL-6-METHYLPHENYL)-N-(2-METHOXY-1-METHYLETHYL)

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 283,8 g/mol
- **Etat Physique :** liquide
- **Solubilité dans l'eau :** 488 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,7*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 9,1*10⁻⁴ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 2,9
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 108 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 90 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 2780 mg/kg
 - **DJA :** 0,03 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** irritant (Xi), R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau

Utilisation :

- Sorgho: (1920 g/ha)
- Maïs : (3072 mg/kg)
- Soja, tournesol : (2112 g/ha)

Condition d'emploi : sur maïs ; utilisable en pré-semis ou post-semis. Sur sorgho : utilisable en post-levée au stade 3 feuilles de la culture

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Maïs : 0,1 mg/kg
- Soja, tournesol : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, suspension concentrée, microgranulé

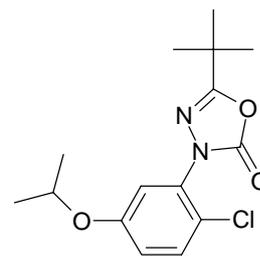
En associations avec : atrazine, benoxacor, etrazine +benoxacor, métribuzine...

Oxadiazon

C.A.S : 19666-30-9

Classement chimique : oxadiazole herbicide

Formule brute : C₁₅H₂₂Cl₂NO₂



Dénominations :

- **C.A.S :** 1,2,3-OXADIAZOL-2(3H)-ONE,3-(2,4-DICHLORO-5-(1-METHYLETHOXY)PHENYL-5, (1,1-DIMETHYLETHYL)
- **I.U.P.A.C. :** 5-tert-Butyl-3-(2,4-dichloro-5-(isopropoxy)phényl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 345,23 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 1 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,04*10⁻³ Pa
- **Constante de Henry :** 3,57*10⁻⁷ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,91
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 2360 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 130 jours
 - **DL 50 pour le rat :** >8000 mg/kg
 - **DJA :** 0,01 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nature (N), R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- Vigne, pêcher, pommier, prunier: (2000 g/ha)
 - Œillet : (4000 mg/kg)
 - Soja, tournesol : (750 g/ha)
 - Arbres et arbustes d'ornement : (2400 g/ha)
 - Gazon de graminées : (3600 g/ha)
-

Condition d'emploi : éviter toute projection directe de la pulvérisation ou tout dépôt d'embruns sur le feuillage de la vigne ou des arbres fruitiers. Sur tournesol et soja : utilisable en post-semis – pré-levée

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

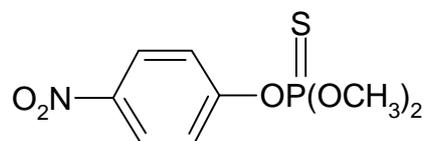
- Fruits : 0,05 mg/kg
- tournesol : 0,02 mg/kg

Parathion-méthyl

C.A.S : 298-00-0

Classement chimique : organophosphoré insecticide

Formule brute : C₈H₁₀NO₅PS



Dénominations :

- **C.A.S :** PHOSPHOROTHIOIC ACID,O,O-DIMETHYL O-(4-NITROPHENYL) ESTER
- **I.U.P.A.C :** Phosphorothioate de O,O-diméthyle) et de O-(4-nitrophényle)

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 263,8 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 55 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 2*10⁻⁴ Pa
- **Constante de Henry :** 9,6*10⁻⁴ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 240 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 19 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 14 mg/kg
 - **DJA :** 0,003 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** très toxique (T+), R24 toxique par contact avec la peau, R28 très toxique en cas d'ingestion

Utilisation : Principales utilisations : en traitement des parties aériennes sur

- Betteraves : *pucerons* (160 g/ha)
- crucifères oléagineuses : *charançon* (300 g/ha)

- pois :*pucerons* (300 /g/ha)
- vigne et arbres fruitiers

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 15 jours sur cultures légumières et fruitières, 30 jours sur betterave potagère. Traitement interdit pendant la floraison.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- fruits et légumes : 0,2 mg/kg
- betterave potagère : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, poudre pour poudrage, suspension de capsules

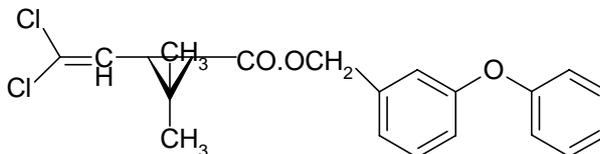
En associations avec : tétradifon, phosalone, soufre...

Perméthrine

C.A.S : 52645-53-1

Classement chimique : pyrethriinoïde insecticide

Formule brute : C₂₁H₂₀Cl₂O₃



Dénominations :

- **C.A.S :** CYCLOPROPANECARBOXYLIC ACID ,3-(2,2-DICHLOROETHENYL)-2,2-DIMETHYL-,(3-PHENOXYPHENYL) METHYL ESTER

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 391,3 g/mol
- **Etat Physique :** liquide visqueux
- **Solubilité dans l'eau :** 1 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,70*10⁻⁶ Pa
- **Constante de Henry :** 3,33*10⁻⁴ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 6,1
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 100000 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 30 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 2949-4000 mg/kg
 - **DJA :** 0,05 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion

Utilisation :

- **Maïs :** Pyrale, Sésamie (75 g/ha)

Condition d'emploi :

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Céleri, fines herbes, laitue, rhubarbe, autres céréales : 2 mg/kg
- Fruits à noyau et à pépins, kiwi, raisin, choux, épinard : 1 mg/kg
- Agrumes, haricot, poireau : 0,5 mg/kg
- Amande, céleri-rave, choux fleurs, maïs, pois, radis : 0,1 mg/kg
- Pomme de terre : 0,05 mg/kg

Formulations commercialisées : microgranulés

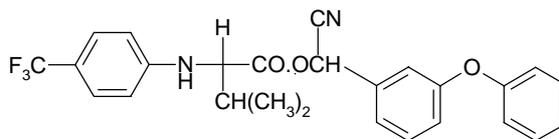
En associations avec : commercialisé seul

Tau-fluvalinate

C.A.S : 102581-06-9

Classement chimique : pyréthriinoïde insecticide

Formule brute : $C_{26}H_{22}N_2O_3ClF_3$



Dénominations :

- **C.A.S :** DL – VALINE , N - [2-CHLORO -4-(TRIFLUOROMETHYL) PHENYL]-,CYANO(3-PHENOXYPHENYL) METHYL ESTER
- **I.U.P.A.C. :** N-[2-Chloro-4-(trifluorométhyl)phénoxy]-D-valinate de N-[2-Chloro-4-(trifluorométhyl)phényl]-D-valinate de (RS)-cyano(-3-phénoxyphényl)méthyle

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 502,93 g/mol
- **Etat Physique :** liquide visqueux
- **Solubilité dans l'eau :** 0,001 mg/l
- **Pression de Vapeur :** $<13,3 \cdot 10^{-6}$ Pa
- **Constante de Henry :** // Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** instable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,85
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 110000cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 14 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 282 mg/kg
 - **DJA :** 0,01 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nature (N), nocif (Xn), R38 irritant pour la peau, R22 nocif en cas d'ingestion, R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- Pêcher, pommier: (4,8 à 14,4 g/ha)
- Vigne : (72 g/ha)

- Céréales (36 à48 g/ha)
 - Colza, crucifères, oléagineuses, rosier, pommes de terre, pois protéagineux, pois de conserve, luzerne (48 g/ha)
 - Cultures légumières, tournesol : (48-144 g/ha)
-

Condition d'emploi : emploi autorisé pendant la floraison

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

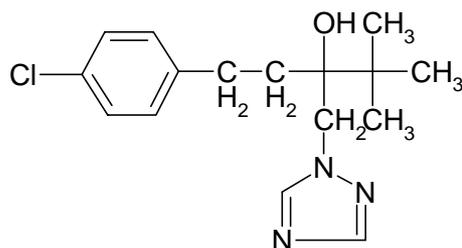
- céréales: 0,01 mg/kg
- raisin, poireau : 0, 5 mg/kg
- fruits à pépins : 0,2 mg/kg
- abricot, pêche, tomate :0,1 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, émulsion de type aqueux

En associations avec : clofentézine, thiméthon

Tebuconazole

C.A.S : 107534-96-3



Classement chimique : triazole fongicide

Formule brute : C₁₆H₂₂ClN₃O

Dénominations :

- **C.A.S :** 1H-1,2,4-TRIAZOLE-1-ETHANOL, .alpha.-[2-(4-CHLOROPHENYL)ETHYL]-.alpha.-(1,1-DIMETHYLETHYL)-
- **I.U.P.A.C. :** 1-(4-Chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 307,8 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 36 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 9,7*10⁻⁷ Pa
- **Constante de Henry :** 1,2*10⁻⁵ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,7
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 1054cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 365 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 4264 mg/kg
 - **DJA :** 0,03 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nocif (Xn), R22 nocif en cas d'ingestion

Utilisation :

- Blé, orge, colza, asperge (200 à 250 g/ha)

Condition d'emploi : délai d'emploi avant récolte : 7 jours sur abricotier, pêcher ; 21 jours sur pommier

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Céréales, raisin : 0,05 mg/kg
- pailles : 2 mg/kg

Formulations commercialisées : concentré émulsionnable, suspension concentrée

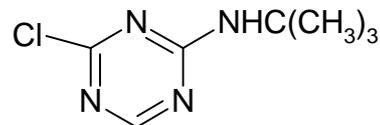
En association avec : carbendazine, tridémorphe

Terbuthylazine

C.A.S : 5915-41-3

Classement chimique : chlorotriazine herbicide

Formule brute : C₉H₁₆ClN₅



Dénominations :

- **C.A.S :** 1,3,5-TRIAZINE-2,4-DIAMINE, 6-CHLORO-N-(1,1-DIMETHYLETHYL)-N'-ETHYL-

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 229,7 g/mol
- **Etat Physique :** solide
- **Solubilité dans l'eau :** 8,5 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,5*10⁻⁴ Pa
- **Constante de Henry :** 4*10⁻³ Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 3,2
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 306 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 46 jours
 - **DL 50 pour le rat :** 1845 à 2160 mg/kg
 - **DJA :** 0,0022 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** nature (N), R53 peut entraîner des effets néfastes a long terme pour l'environnement aquatique, R50 très toxique pour les organismes aquatiques

Utilisation :

- Maïs (860 g/ha)
- Vigne (1500 à 6600 g/ha)

- Dans les zones non cultivées, en désherbage
-

Condition d'emploi :

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Maïs, raisin : 0,1 mg/kg

Formulations commercialisées : suspension concentrée

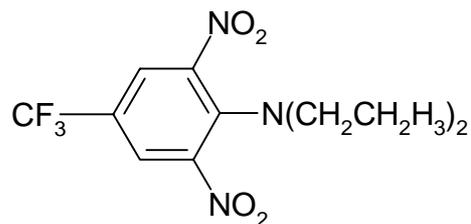
En association avec : toujours sous forme d'associations, avec : alachlore, aminotriazole, thiocyanate d'ammonium, diuron, glyphosate....

Trifluraline

C.A.S : 1582-09-8

Classement chimique : toluidine herbicide

Formule brute : C₁₃H₁₆F₃ N₃O₄



Dénominations :

- **C.A.S :** BENZENAMINE,2,6-DINITRO-N,N-DIPROPYL-4-(TRIFLUOROMETHYL)-

Propriétés Physico-Chimiques :

- **Masse Moléculaire :** 335,3 g/mol
- **Etat Physique :** solide cristallisé
- **Solubilité dans l'eau :** 0,221 mg/l
- **Pression de Vapeur :** 1,5*10⁻² Pa
- **Constante de Henry :** 16,8 Pa*m³/mole
- **Hydrolyse à Ph 7 :** très stable
- **Coefficient de partage octanol/eau (log Kow) :** 4,82
- **Coefficient de partage avec le carbone organique (Koc) :** 6000 cm³/g

Toxicité de la matière active :

- **DT 50 :** 221 jours
 - **DL 50 pour le rat :** >10000 mg/kg
 - **DJA :** 0,0024 mg/kg/jour
 - **Classement toxicologique :** irritant (Xi), R36 irritant pour les yeux, R43 peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau

Utilisation :

- Colza : (960 à 1200 g/ha)
- Tournesol : (1200 g/ha)
- Chou : (1200 g/ha)

- Soja : (720 g/ha)
- Arbres et arbustes d'ornement : (1440 g/ha)

Condition d'emploi : le produit doit être incorporé au sol dans les 24 heures qui suivent le traitement. Délai d'emploi avant récolte : 30 jours sur choux.

Teneur maximale en résidus sur et dans (LMR):

- Carottes, tomates, oignons, artichauts, choux+ : 0,05 mg/kg
- Pois : 0,01 mg/kg

Formulations commercialisées : concentrée émulsionnable, suspension concentrée

En association avec : chlortoluron, isoproturon, tébutame, linuron....

Bibliographie

Erice Dabène, Florence Marié, Corinne Smith. Ministère de l'agriculture, de la pêche et de l'alimentation. Caractéristiques utiles pour l'évaluation du comportement de quelques substances actives dans l'environnement, 1995.

Sophie CLUZEAU. ACTA Direction Technique. Index phytosanitaire, 33^e édition, 1997.

Site internet :

« www.chemfinder.com »

« www.agritox.fr »

