



Exposition aux pesticides à l'intérieur des habitations

Document de synthèse rédigé par Ludovic BZDRENGA (Ingénieur Horticole) sous la
conduite de Gilbert CHAUVEL (Expert National ZNA - Cultures Ornementales)

Octobre 2004

Introduction

L'exposition aux pesticides a lieu dans une multitude d'environnements correspondant à l'activité quotidienne des personnes. L'exposition principale aux pesticides se produit dans les maisons au moment d'une application par le particulier ou après une application lors d'un contact avec des résidus (Nigg et al., 1990). Les pesticides rencontrés dans une habitation proviennent soit d'une utilisation directe dans la maison lors du traitement des plantes d'intérieur ou lors d'une application d'anti-nuisibles (cafards, mouches, moustiques ...) par exemples, soit d'une entrée à l'intérieur de résidus appliqués à l'extérieur, depuis les pelouses ou les jardins, etc., via des mécanismes de transport physique après un contact (Driver et al., 2001). Une fois à l'intérieur des maisons, les pesticides protégés des facteurs de dégradation environnementale peuvent rester plusieurs mois voire plusieurs années en l'état, liées aux poussières. Ces matrices formées entre la poussières et les résidus de pesticides vont ensuite se loger dans les moquettes ou être absorbées sur des objets occasionnant une exposition sur de longues périodes (Lioy et al., 2002). Même si tous les occupants de la maison sont susceptibles de contacter des résidus de pesticides, ce sont les enfants de par leur activité au niveau du sol et leurs comportements qui représentent le groupe d'individus le plus exposé (Adgate and Sexton, 2001).

Cette synthèse bibliographique se propose au travers d'exemples extraits de la littérature, de **faire le point sur les différents pesticides et substances actives qui peuvent être rencontrés dans les intérieurs des maisons ainsi que sur les facteurs influençant l'exposition des personnes, et se terminera par une série de préconisations visant à limiter la contamination.**

I- Origine des pesticides

Les résidus de pesticides retrouvés à l'intérieur d'une habitation peuvent avoir une origine **endogène** consécutive à une **utilisation directe à l'intérieur** ou **exogène** suite à une **migration des résidus** depuis l'**extérieur** vers l'intérieur.

Origine endogène des pesticides :

1- Traitements des plantes d'intérieur

Les plantes vertes tropicales (*Ficus spp.*, *Diffenbacchia spp.*, Palmiers, etc.) et les potées fleuries (Azalées, orchidées, Saintpaulia, etc.) constituent un groupe de végétaux utilisés dans l'embellissement et le fleurissement des intérieurs. Ces plantes d'intérieur peuvent subir des attaques de ravageurs provenant de cochenilles farineuses (*Pseudococcus spp.*), de cochenilles diaspines et lécanines, d'acariens (*Tetranychus urticae*, *Tarsonemus pallidus*), d'aleurodes, (*Trialeurodes vaporariorum*) et parfois de thrips (*Heliothrips femoralis*, *Thrips tabaci*) et de pucerons (*Myzus persicae*, *Neomyzus circumflexus*). Des maladies fongiques peuvent également se développer et les affaiblir (Fumagines, *Oidium spp.* et parfois le *Botrytis cinerea* etc. sur les potées fleuries).

En 2004, 19 substances actives sont homologuées pour le traitement des plantes d'intérieur et utilisées soit seules, soit en associations. Ces produits de traitements se présentent sous forme d'émulsion aqueuse, de liquide, de concentrés solubles, d'aérosol ou de bâtonnets (Tableau 1).

Tableau 1 : Principales substances actives utilisées seules ou en association dans les traitements des plantes d'intérieur

Substances actives	Usage	Formulation
Bifenthrine	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Liquide / Aérosol
Propinoconazole	Traitement des parties aériennes* Maladies diverses	Liquide
Soufre	Traitement des parties aériennes* Maladies diverses	Liquide
Bifenthrine + Myclobutanil	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Emulsion aqueuse
Deltaméthrine	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Liquide sans dilution / Concentré soluble
Diazinon	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Extraits de pyrèthres + Soufre + Sulfate de cuivre tribasique	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Concentré soluble
Extraits de pyrèthres végétal	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Extraits de pyrèthres + Pipéronide butoxide + Roténone	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Concentré soluble
Huile minérale blanche + Pyrèthres naturelles + Pipéronide butoxide	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Huile minérale blanche + Roténone	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Huile minérale paraffinique	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol

Substances actives	Usage	Formulation
Imidaclopride	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Imidaclopride + Mercaptodiméthur	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Pyréthrine + Pipéronyle butoxide	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Aérosol
Sel de potassium de l'hydrazide maléique	Traitement des parties aériennes* Ravageurs divers	Liquide
Bifenthrine + Myclobutanil	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Emulsion aqueuse
Bifenthrine + Propinoconazole	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Aérosol
Bifenthrine + Propinoconazole	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Liquide
Cyperméthrine + Dicofof + Propinoconazole	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Liquide
Dicofof + Mancozèbe + Pyrèthres naturelles + Pipéronyle butoxide	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Concentré soluble
Dicofof + Mancozèbe + Pyrèthrine + Pipéronyle butoxide	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Aérosol
Sel de potassium de l'hydrazide maléique+ soufre	Traitement des parties aériennes* Ravageurs et Maladies diverses	Liquide
Dimethoate	Traitement du substrat* Ravageurs divers	Bâtonnets
Imidaclopride	Traitement du substrat* Ravageurs divers	Bâtonnets
Roténone	Traitement du substrat* Ravageurs divers	Bâtonnets

2- Traitements des autres organismes nuisibles de la maison

Ces organismes nuisibles de la maison sont soit des insectes ou champignons xylophages qui s'attaquent aux structures boisées, soit des insectes dont la présence entraîne une gêne de type phobique ou peut avoir des effets nocifs sur la santé humaine (transmission de maladies, allergie).

Ces traitements peuvent être réalisés par des professionnels et dans certains cas par les particuliers. L'application par les professionnels concerne surtout des applications à grande échelle qui visent le traitement de tout l'intérieur. Ces traitements généralisés représentent les quantités de résidus de pesticides déposés dans les maisons les plus élevées.

Les insectes et champignons xylophages :

En France, les principales espèces de xylophages nuisibles rencontrées et responsables des dégâts occasionnés aux charpentes peuvent être divisées en trois catégories (Observatoire de Lutte Xylophages) :

- les insectes à larves xylophages : avec le capricorne, *Hylotrupes bajulus*, la petite vrillette, *Anobium punctatum*, la grosse vrillette, *Xestobium rufovillosum* et le lyctus ou *lyctus brunneus*.
- les insectes xylophages : le termite, *Reticulitermes santonenensis*,
- les champignons xylophages : essentiellement la mэрule, *Serpula lacrymans*.

Le CTBA, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement est un organisme certificateur de produits de traitements du bois destinés à lutte contre ces insectes et délivre également des agréments aux professionnels pour leur application.

Les substances actives contenues dans les produits de traitement certifiés CTB P+ qui représentent la majorité des substances actives sur le marché disponibles pour le particulier sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Substances actives présentes dans la gamme de produits certifiés CTB P+

Substances actives	Usage	
	Application préventive	Application curative
Perméthrine	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Deltaméthrine	Badigeonnage	Non certifié
Cyperméthrine + Perméthrine	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Chlorure diméthyl didecyl benzyl ammonium + Chlorure diméthyl coco benzyl ammonium + Cyperméthrine	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine + IBPC (Iodopropylbutylcarbamate) + Propiconazole + Tebuconazole	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage
Chlorure de Benzakolnium + Perméthrine	Badigeonnage	Non certifié
Cyperméthrine + Propiconazole	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Ammonium quaternaire + Cyperméthrine	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine + Propiconazole + Tebuconazole	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine + IBPC (Iodopropylbutylcarbamate)	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine + Tébuconazole	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation
Cyperméthrine + Propiconazole	Badigeonnage	Injection, Badigeonnage, Pulvérisation

Les autres organismes nuisibles sont insectes tels que les les cafards, *Blatella germanica*, les puces, *Ctenocephalides felis*, les mouches, les moustiques, les fourmis, et d'autres arthropodes comme les araignées, et de petits mammifères tels que les rats, souris etc. Quelques substances actives présentes sur le marché sont consignées dans le tableau 3.

Substance active	Type de pesticide	Substance active	Type de pesticide
Diféthialone	Rodenticide	Chlorpyriphos ethyl	Insecticide
Bromodiolone	Rodenticide	Cyfluthrine	Insecticide
Difénacoum	Rodenticide	Dichlorvos	Insecticide
		Malathion	Insecticide
		Perméthrine	Insecticide
		Propoxur	Insecticide
		Pyréthrine	Insecticide

Origine exogène des pesticides :

3- Traitements des pelouses et du jardin

Une migration des résidus des pesticides utilisés à l'extérieur vers l'intérieur de la maison peut se produire et représente une autre source potentiel d'exposition (Lewis et al., 1994). Ces résidus de pesticides proviennent d'une application sur des pelouses de particuliers ou d'espaces verts, sur des plantes du jardin, dans le périmètre d'une habitation voire d'une application par un agriculteur à proximité (Nishioka et al., 2002). La présence dans les intérieurs d'herbicide, 2,4-D, d'insecticide, carbaryl et de fongicide, chlorothalonil appliqués seulement à l'extérieur dans le traitement des gazons confirme ce transport au travers d'un ou plusieurs mécanismes (Nishioka et al., 1999).

Une autre voie de contamination se fait par le transfert atmosphérique de substances actives volatilisées ou adsorbées sur des supports en suspension à partir du sol ou du feuillage traité. Ces résidus vont pénétrer dans les habitations par les ouvertures multiples (portes, fenêtres) et se déposer à l'intérieur.

Les chaussures, vêtements de jardiniers ou les animaux familiers participent également à ces mouvements et dans des quantités plus importantes (Simcox et al., 1995).

La liste des pesticides homologués pour l'utilisation dans le jardin d'amateur est trop importante pour figurer ici en entier. Il faut savoir que pour être autorisé à l'usage par un amateur le produit doit posséder la mention « Emploi autorisé dans les jardins ». L'essentiel de ces substances actives sont consignées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Principales substances actives utilisées par le jardinier amateur accompagné d'un exemple d'usage et de formulation.

Principales substances actives	Usage	Formulation
Manèbe	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide	Poudre
Propinoconazole + Cyperméthrine + Dicofof	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide et insecticide	Aérosol
Vinchlozoline	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide	Liquide
Soufre	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide	Poudre
Manèbe + Carbaryl	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide	Poudre à pulvériser
Manèbe + Carbaryl	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement fongicide	Poudre mouillable
Huile minérale paraffinique + malathion	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement insecticide	Concentré émulsifiable
Carbaryl + Manèbe	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement insecticide	Poudre à pulvériser
Malathion	Jardins d'amateur* Trait. parties aériennes * Traitement insecticide	Concentré émulsifiable
Aminotriazole + Diuron + Thiocyanate d'ammonium	Jardins d'amateur* Désherbage	Suspension concentrée
Myclobutanil + Bifenthrine	Arbres et arbustes d'ornement* Trait. parties aériennes* Maladies et insectes divers	
Fosetyl d'aluminium	Arbres et arbustes d'ornements * Trait. du sol * Phytophthora	Granulés dispersibles dans eau

Principales substances actives	Exemple d'usage	Formulation
Fenhexamid	Fraisier * Trait. partie aérienne *Pourriture grise	Granulés dispersibles dans eau
Procymidone	Tomate * Trait. partie aérienne *Pourriture grise	Suspension concentrée
Propamocarbe HCl	Traitements généraux * Trait. du sol * Phytophthora	Concentré soluble
Soufre	Pommier* Trait. Parties aériennes* Tavelure	Granulés dispersibles dans eau
Sulfate de cuivre tribasique + Carbendazime	Abricotier* Trait. parties aériennes * Bactérioses	Badigeon
Bacillus thuringiensis	Tomate* Trait. Parties aériennes* Noctuelles des fruits	Granule
Buprofézine	Tomate* Trait. Parties aériennes *Aleurodes	Suspension concentrée
Diazinon	Traitements généraux* Trait. Du sol* Vers blancs (en plein)	Microgranule
Imidaclopride	Rosier* Trait. Parties aériennes* Pucerons	Concentré soluble
Deltaméthrine	Chou* Trait. Parties aériennes* Pieride du chou	Emulsion aqueuse
Tau fluvinate	Arbres et arbustes d'ornement* Trait. Parties aériennes* Cochenilles	Emulsion aqueuse
Roténone	Pomme de terre* Trait. Parties aériennes* Doryphore	Liquide
Chlorpyrifos	Traitements généraux* Trait. Du sol* Vers blancs (en plein)	Microgranule
2,4-D + Dicamba + Sulfate de fer	Gazons de graminées* Desherbage	Granule
Clopyralid + 2,4- MCPA +Fluroxypyr	Gazons de graminées* Desherbage	Concentré émulsifiable
Dichlorophène	Gazons de graminées* Destruction des mousses	Concentré émulsifiable
Glyphosate	Traitements généraux* Desherbage* Allées de parcs, jardins publics et trottoirs	Concentré soluble
Isoxaben + Trifluraline	Rosier* Desherbage	Granules
Trichlorpyr + 2,4-D	Traitements généraux* Desherbage* Dévitalisation des broussailles (sur pied)	Concentré émulsifiable

4- Autres pesticides à usage non domestiques

Les contaminations des intérieurs peuvent avoir lieu via des pesticides à usages professionnels qui vont contaminer les personnes lors de leurs loisirs comme les pesticides utilisés sur les terrains de sport (rugby, football, golf), dans les espaces verts. Les employés agricoles comme les personnes habitant à proximité de zones agricoles vont également être susceptibles de transférer des pesticides vers l'intérieur des maisons. Enfin tout produit agricole ayant subi un traitement sera une source potentiel de pesticides. Les fleurs coupées et les conservateurs associés qui contrairement aux fruits et légumes ne possèdent pas de délais de traitement avant récolte en sont un exemple.

II- Voies de contamination

1- Ingestion non-alimentaire

Même si elle est minime, l'ingestion de résidus de pesticides déposés sur les surfaces traitées ou contaminées peut avoir lieu lors des contacts main-bouche ou objet-bouche. Ce comportement fréquent chez les enfants les rend ainsi plus vulnérables à ce type d'exposition (Moeschandreas et al., 2001).

2- Inhalation

Il est considéré que l'inhalation de particules en suspension est une voie efficace d'entrée dans le corps humain pour de nombreuses substances chimiques (Riley and Wiesner, 1998). Cette exposition par inhalation peut être causée directement lors de la libération du pesticide ou indirectement par les processus de déposition, absorption et ré-émission dans l'air des particules de pesticides et des vapeurs (Moeschandreas et al., 2001). Dans la mesure où les teneurs en pesticides dans l'air sont importantes au moment de l'application, c'est essentiellement la personne qui réalise le traitement qui est exposée. Pour l'entourage, même avec de bonnes conditions de ventilation, il convient d'être vigilant dans les premières 24 heures qui suivent le traitement puisque les particules résiduelles sont présentes dans l'air à de fortes concentrations pendant cette période. De même les résidus sont susceptibles de subir des transformations comme la volatilisation qui augmente les concentrations en résidus dans l'air, avec un pic entre 10 et 14 heures après pour un pesticide semi-volatile comme le chlorpyrifos.

3- Dermale

La peau représente une voie important quant à l'absorption systémique des pesticides avec dans la majorité des cas, 5 à 30 % de la quantité de pesticide déposée sur la peau qui pénètre dans le système sanguin (Ecobichon, 1995) L'efficacité de pénétration dermale dépend de la substance active, de sa forme physique et de sa concentration (Nigg et al., 1990). C'est la raison pour laquelle la voie cutanée représente une voie d'entrée majeur chez l'utilisateur du pesticide que, lorsque le produit est versé sur des parties du corps non protégées. L'exposition dermale aux pesticides peut également avoir lieu de façon indirecte par l'intermédiaire des résidus délogeables déposés sur les zones traitées, les habits et d'autres surfaces contaminées. Des trois voies de contamination, la voie dermale est la plus importante parce qu'elle peut avoir lieu sur une longue durée.

Dans tous les cas, l'importance d'une voie d'exposition doit être évaluée selon le type d'application ou les conditions de dérive du traitement et en fonction des propriétés chimiques et toxicologique du pesticide. Par exemple, un toxique pulmonaire spécifique sera plus toxique s'il est inhalé qu'ingéré (Riley and Wiesner, 1998).

III- Facteurs influençant l'exposition

Les résidus de pesticides peuvent se déplacer depuis leur point original d'application soit sous forme de vapeurs, soit liées à des particules ou au travers de transport physique après contact (Stout and Leidy, 2000). Les principaux facteurs qui influencent ce mouvement des résidus de pesticides sont les propriétés physico-chimiques des composés, les substrats contactés et les activités des personnes et des animaux domestiques au sein de la maison.

1- Propriétés physico-chimiques

a- Délogeabilité

Dans le cas des traitements phytosanitaires, la pénétration de ces produits chimiques dans la plante est souvent limitée et peut varier de 0 à plus de 90 % du composé déposé sur le feuillage (Stephenson and Ritcey, 1998). Cette fraction non absorbée par la plante peut ensuite être délogée et disponible pour une ingestion ou un contact avec la peau (Adgate et al., 2001). **Cette capacité des résidus de pesticides à être retirés de la surface ayant subi une application (feuillage ou toute autre surface à l'intérieur) se définit comme la délogeabilité des résidus.** Elle est affectée par les **caractéristiques de la surface** qui peut se lier plus ou moins facilement avec la molécule pesticide. Par exemple les pesticides lipophiles se lient fortement à la matière organique contenue dans les moquettes ou aux poussières les rendant moins disponibles à l'exposition.

La **délogeabilité** des résidus de pesticide est aussi **fonction de la formulation du produit**. Des études menées sur les résidus foliaires délogeables ont montré que si l'on compare une application de 2,4-D sous forme de granulés et une application en pulvérisation, la quantité de résidus délogeables le jour de l'application est plus faible quand l'herbicide est appliqué en granulé (0.06% contre 1.26 %). Même si la tendance s'inverse ensuite pendant les premières 24 h, à mesure que les granulés absorbent l'humidité environnante et libèrent l'herbicide, à dose égale, la quantité de résidus délogeable reste cependant plus faible pour la formulation en granulés (Stephenson and Ritcey, 1998). Une formulation liquide représente donc dans ce cas un risque d'exposition plus élevé.

b- Volatilisation

La volatilisation est définie comme le passage de l'état liquide d'un pesticide à un état gazeux. **Plus un pesticide est volatil, plus il sera présent sous forme gazeuse dans l'air.** Une fois volatilisé le pesticide se déplace avec les mouvements d'air loin de la zone d'application et contrairement à la dérive des gouttes de pulvérisation, la dérive des particules volatilisées ne peut pas être vue, se déplace plus loin et pendant une plus longue période (Riley and Wiesner, 1998). Ces particules se déposent ensuite sur des surfaces adsorbantes non ciblées par le traitement augmentant ainsi le risque d'exposition (Gurunathan et al., 1998).

La volatilisation a lieu au moment de l'application à partir des gouttes de liquide pulvérisées et **est favorisée par un diamètre de gouttes inférieur à 150 µm, une faible humidité relative et de fortes températures.** C'est cependant en post application, à partir des dépôts de pesticides sur les plantes et les surfaces, que la volatilisation est la plus importante. Dans ce dernier cas, ce sont les fortes températures et les mouvements d'air qui en sont responsables. La volatilité d'une substance active peut également être augmentée par l'ajout

de surfactants qui entrent en compétition avec le pesticide en se liant aux sites cuticulaires qui devraient être occupés par le pesticide.

Tous les pesticides ne possèdent pas la même volatilité ; celle-ci dépend de la tension de vapeur du composé chimique. Plus la tension de vapeur est élevée, plus le pesticide est volatil et à tendance à rester dans l'atmosphère. On distingue donc trois catégories de pesticides :

- les pesticides volatiles qui possèdent une tension de vapeur (TV) $>10^{-3}$ mm Hg à 25°C,
- semi-volatile 10^{-3} mm Hg $< TV < 10^{-7}$ mmHg
- non volatile $TV < 10^{-7}$ mm Hg.

En terme de risque, la différence de volatilité d'un pesticide va entraîner une différence dans les voies d'exposition (Stout et Mason, 2003). En effet, les produits qui n'ont pas une tension de vapeur suffisamment élevée (2,4-D, glyphosate...) vont être moins volatiles et avoir moins de risque de présenter un danger d'exposition par inhalation sauf pendant la pulvérisation (Nigg et al., 1990). Cependant, ils vont se dissiper moins rapidement et, combiné à d'autres facteurs comme par exemple une bonne photostabilité et une formulation micro-encapsulée, une volatilité faible pourra augmenter la persistance du produit et la durée d'exposition post-application (Stout and Leidy, 2000).

c- Persistance

La durée d'efficacité d'un pesticide est fonction de la **stabilité de la molécule** constituant la substance active et donc de sa persistance. En effet, plus une molécule est stable une fois présente sur le tissu végétal ou dans son environnement d'application, plus elle va protéger la zone traitée sur une longue période et plus elle sera une source d'exposition importante (Stephenson and Ritcey, 1998). Par conséquent, les formulations qui visent un effet sur du long terme donnent généralement une exposition longue mais à de faibles quantités. A l'inverse, les formulations ayant un effet rapide et ponctuel donnent une exposition sur du court terme mais à des niveaux élevés (Pauluhn, 1999).

La détection de pesticides dans l'air et dans les poussières présentes dans une habitation, plusieurs mois voire plusieurs années après leur application montre **qu'ils sont très persistants dans cet environnement alors qu'à l'extérieur ils sont dégradés relativement rapidement** (Lewis et al., 1994).

A l'intérieur des maisons, les molécules organiques qui sont actives en tant que pesticides sont moins exposées aux facteurs de dégradation environnementale comme la lumière à l'origine de réactions photochimiques qui dégradent ou désactivent la molécule (Crosby, 1976). La persistance des résidus de pesticides est prolongée en l'absence de photolyse et d'autres facteurs comme une faible humidité, une absence d'activité microbienne et de fortes températures. Des produits dits non-persistants peuvent de ce fait avoir une durée de vie plus longue à l'intérieur des habitations (Nigg et al., 1990).

2- Présence de réservoirs de pesticides

Les produits chimiques qui sont libérés dans la maison ou ceux qui rentrent dans l'environnement résidentiel se répartissent dans différents compartiments de la maison soit lors d'une dispersion directe dans l'air, soit par adsorption sur des surfaces, et constituent ainsi des réservoirs de pesticides. Par la suite, lors d'une perturbation, les résidus de pesticides peuvent être à nouveau dispersés (Ross et al., 1991 ; Roberts et al., 1992).

a. Les poussières

Lors de recherches de molécules de pesticides dans les maisons, le plus grand nombre de substances actives rencontrées à des concentrations élevées se trouvaient dans les poussières (Lewis et al., 1994 ; Colt et al., 1998) (tableau 5). Parmi ces résidus de pesticides, de nombreux organochlorés qui ont constitué pendant longtemps des pesticides très utilisés. Leur persistance dans l'environnement a été entre autre une des raisons de l'abandon de leur emploi. Cette persistance permet à ces molécules d'être toujours présentes dans l'environnement des maisons plusieurs dizaines d'années après leur utilisation

Tableau 5 : Liste des substances actives retrouvées dans les poussières de maisons aux USA.

Famille de pesticides	Substance active	in Colt et al. 1998	in Lewis et al. 1994
		Nombre d'échantillons contenant le pesticide sur les 15 échantillons analysés	Nombre d'échantillons contenant le pesticide sur les 49 échantillons analysés
Organochlorés	Chlordane	13	26
	DDE et DDT	8	21
	Methoxychlore	5	3
	Aldrine	1	10
	Dieldrine	1	27
	Heptachlore	1	35
	Oxychlordane	NT	11
	Heptachlore epoxyde	NT	18
Organophosphatés	Chlorpyrifos*	9	26
	Diazinon*	0	2
Carbamates	Propoxur*	9	2
	Carbaryl*	5	9
	Bendiocarbe*	2	0
Pyréthroïdes	cis- et trans-Permethrine*	9	1
Fongicides	o-phénylphénol	15	3
	Captane*	NT	3
	Chlorothalonil*	NT	12
	Folpel*	NT	3
	Pentachlorophénol	15	36
Herbicides	2,4-D*	8	NT
	Dacthal	0	2
	Dicamba*	1	NT

NT indique que la recherche n'a pas été réalisée pour ce pesticide

* indique que la substance active est autorisée en France en 2004

Tableau 4: Pesticides trouvés dans les poussières d'habitations aux USA lors de deux études menées par Lewis et al. (1994) et Colt et al. (1998).

Les poussières rencontrées dans les habitations se composent d'un mélange de matières d'origines diverses (animale, végétale, fibres textiles, etc.) retrouvées pour la majorité dans toutes les pièces et réduites à l'état de fines particules. Ces poussières représentent d'abord un milieu de transfert des pesticides au sein de la maison ou depuis l'extérieur vers la maison. Ils constituent ensuite un milieu d'accumulation pour ces résidus auxquels elles peuvent se lier (Nigg et al., 1990). On retrouve ainsi dans les poussières les pesticides semi-volatile et non-volatile qui possèdent une faible tension de vapeur leur permettant de s'accumuler plus dans le sol et la poussière que dans l'air. Mais également d'autres substances, toutes aussi nocives,

comme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAHs), des métaux lourds, des composés organiques persistants et des particules biologiques viables peuvent également y être retrouvées et constituer des molécules toxiques pour les personnes (Lioy et al., 2002).

Les poussières sont facilement remises en suspension par les simples mouvements d'air consécutifs au déplacement ou une activité ménagère par exemple. Les fines particules qui passent dans l'aspirateur sont en effet souvent relâchées dans l'atmosphère du fait d'une filtration inadaptée pour ces tailles de particules. La dispersion des poussières sédimentées contenant les pesticides peut ainsi causer des pics d'exposition par inhalation dans les maisons (Pauluhn, 1999).

Les poussières et les polluants qui sont véhiculés avec elles vont ensuite se loger dans les tapis, le mobilier, les rideaux, les habits. Elles contribuent ainsi de façon importante à l'exposition par inhalation, ingestion et pénétration par la peau, tout particulièrement pour les enfants qui sont régulièrement en contact avec le sol et ces autres surfaces, et portent leur mains à la bouche (Roberts et al., 1992).

b. Autres réservoirs importants de pesticides:

Le paillason est un réservoir pour les pesticides ramenés à l'intérieur suite à une contamination à l'extérieur. Au passage sur cette surface, les pesticides déposés sur les chaussures sont retenus et s'accumulent. Les niveaux de résidus foliaires de chlorothalonil appliqués sous forme de concentré émulsifiable sur une pelouse peuvent ainsi être 10 à 40 % plus faible en présence d'un paillason (Nishioka et al., 2002). Dans un premier temps, le paillason réduit donc l'entrée des résidus de pesticides au sein de l'habitation. Toutefois, les résidus accumulés sont ensuite redistribués sous les semelles des chaussures lors des frottements et transportés vers le reste de la maison.

Moquettes et tapis

Les pesticides liés aux poussières forment une matrice où ils peuvent s'accumuler entre les fibres des moquettes et des tapis. De plus, ces couvertures au sol représentent souvent une surface importante dans les environnements résidentiels et augmente ainsi la capacité d'accueil des résidus (Lioy et al., 2002) et la surface d'exposition des occupants aux pesticides (Moeschandreass et al., 2001). Nishioka et al. (1999) ont montré que les pièces d'une habitation comportant les plus grandes concentrations de résidus de 2,4-D, une semaine après un traitement, sont celles dont le sol est couvert d'une moquette (Figure 1). Dans le cas où l'ensemble du sol de la maison est couvert par une moquette, la concentration en résidus de 2,4-D suit un gradient qui reprend le sens de circulation dans l'habitation avec les premières pièces qui récoltent l'essentiel des résidus (Figure 2). Dans le cas où les chaussures sont retirées à l'entrée, le vecteur n'étant plus présent, les niveaux de 2,4-D sont fortement diminués et la présence de moquette n'influence plus la présence de l'herbicide (Figure 3 et 4)

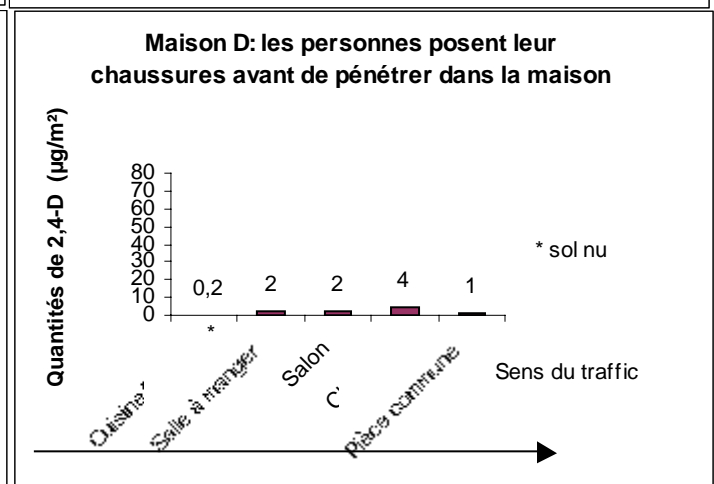
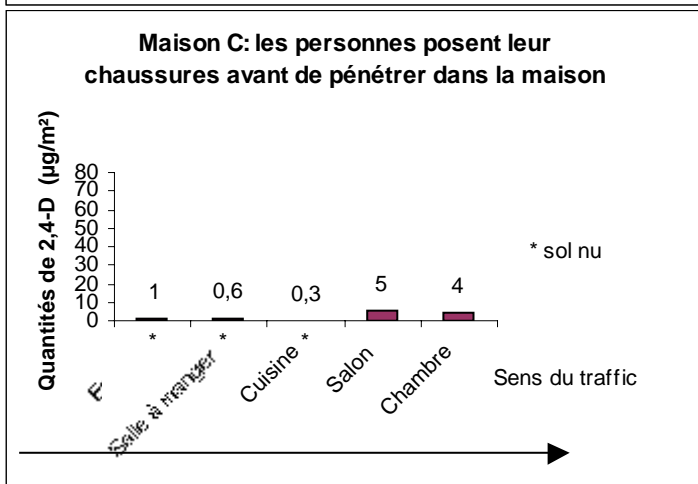
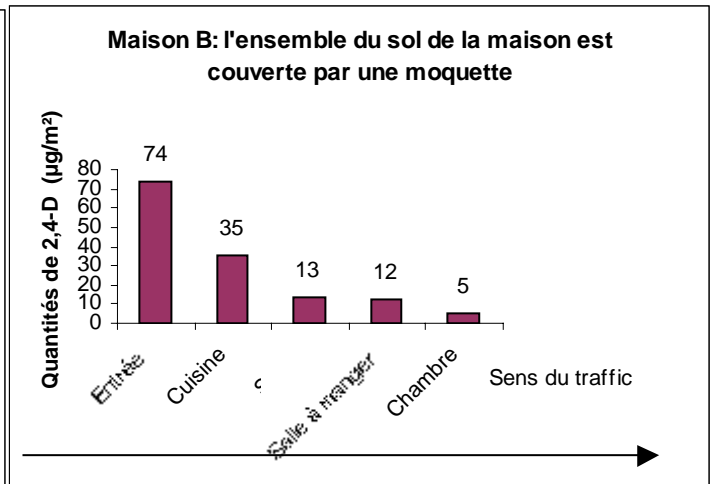
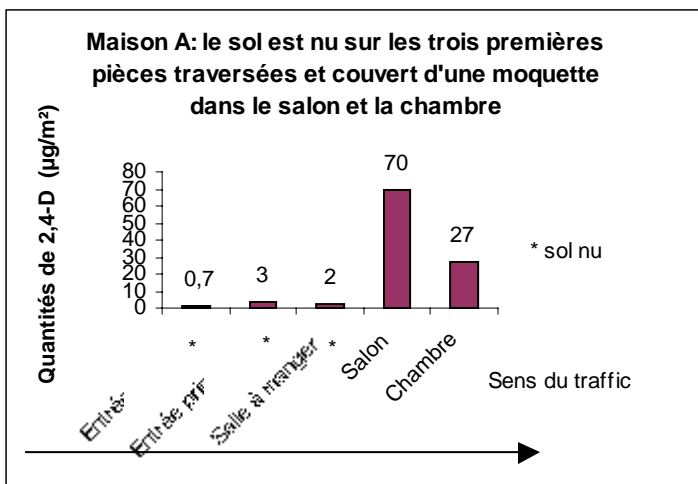


Figure 1 et 2 (Maison A et B): Influence de la présence de moquette sur la présence et la distribution des résidus de 2,4-D dans une habitation

Figure 3 et 4 (Maison C et D) : Influence de la pose des chaussures sur la présence de 2,4-D dans une habitation (Nishioka et al., 1999).

Autres surfaces ab-adsorbantes (Jouets, mobilier, textiles...)

- Une variété de surfaces contenant de la mousse en polyéthylène absorbent les pesticides. Parmi elles, les peluches, jouets, oreillers, matelas qui constituent des matériaux avec lesquels adultes et enfants sont en contact fréquents et prolongés. Ce sont les propriétés électrostatiques de ce matériau qui attirent les particules présentes dans l'air et les fixe jusqu'à une libération ultérieure.
- Le mobilier reçoit également les dépôts des résidus de pesticides en suspension dans l'air soit par attraction électrostatique, soit en jouant le rôle d'un simple support.
- Les vêtements et particulièrement ceux utilisés pendant l'application font office de protection dans un premier temps puis de source s'ils ne sont pas enlevés et nettoyés. Post application, lorsque la personne entre en contact avec la zone traitée, les pesticides peuvent également se loger dans les fibres textiles et être transportés.

3- Type d'application

Plus un traitement est appliqué sur une grande surface, plus les risques d'entrer en contact avec les résidus de pesticides sont grands. Par conséquent, ce sont les applications généralisées sur les pelouses, les moquettes, les charpentés, etc. qui constituent une exposition post application les plus importantes (van der Jagt, 2001).

4- Conditions d'application

L'emploi des pesticides à usages domestiques, qui dans certains cas sont les mêmes que ceux utilisés par les professionnels, est le plus souvent réalisé par des individus non expérimentés pour lesquels il est difficile de vérifier la bonne utilisation une fois la vente réalisée (Pauluhn, 1999). De même le stockage de ces produits dans de bonnes conditions est souvent négligé et concourt à placer ses applicateurs et leurs familles dans des situations de forte exposition (Gurunathan et al., 1998).

a- Manque de protection

Lors de l'application de pesticides les protections rudimentaires ne sont souvent pas portées par le particulier. L'absence de gants, de vêtements protecteurs, de masques filtrant sont à l'origine d'exposition directe aux pesticides. Lorsque les formulations impliquent la préparation de bouillie et le nettoyage du matériel de pulvérisation, les applicateurs augmentent leur risque d'exposition par éclaboussures et inhalation. Or, la quantité de produit transmis par voie dermale est très importante lors de l'application s'il n'y a pas de protection. Ce sont les mains sont souvent les plus touchées et peuvent représenter 90 % de cette exposition dermale (Davis, 1984).

Une étude conduite par Solomon et al. (1993) illustre ces propos puisque les contaminations lors d'une application de 2,4-D étaient, pour les applicateurs, liées à l'absence de gants lors du traitement. Les mains ont en effet été en contact avec l'herbicide via des éclaboussures ou via la manipulation du tuyau d'arrosage lui-même contaminé.

Cette étude à également montré l'importance du port des chaussures et du respect du délai de réentrée sur le gazon après traitement. En effet il a pu être détecté du 2,4-D dans les urines des personnes ayant marché pieds nus sur une pelouse 1 heure après application alors qu'aucune trace de l'herbicide n'a été détectée chez les personnes portant des chaussures ou lorsque le a eu lieu 24 heures après traitement (Figure 5)

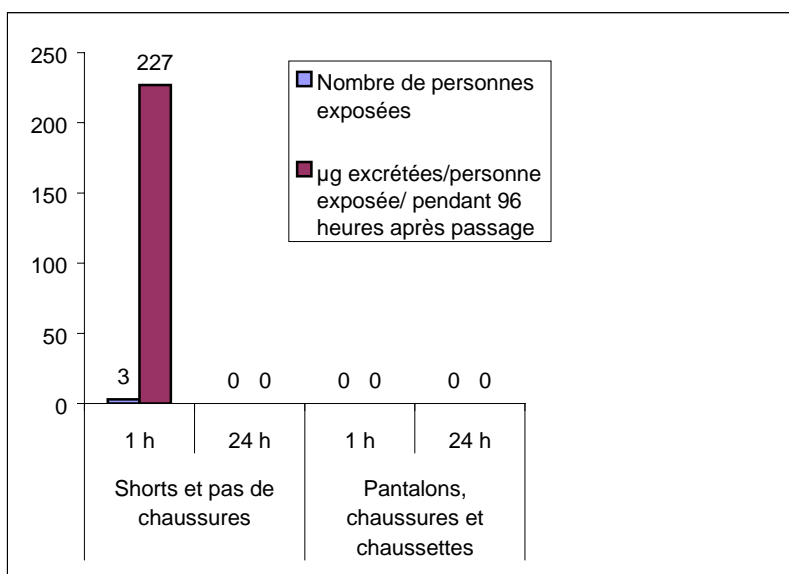


Figure 5 : Impact de la protection vestimentaire sur la quantités de 2,4-D retrouvées dans les urines après un passage 1 heure ou 24 heures après l'application (Solomon et al., 1993)

b- Absence de ventilation

Pour le traitement de plantes d'intérieur, il est recommandé sur l'étiquette d'utiliser le produit dans un local ventilé. La ventilation est en effet un point clé dans la diminution de l'exposition puisqu'elle permet d'éviter l'accumulation du produit dans la maison. L'importance de cette ventilation a pu être montrée lors de l'étude de la cinétique de déposition du chlorpyrifos après une application généralisée du pesticide à 40 cm au dessus d'une moquette. (Fenske et al., 1990). Dès les premières 30 minutes qui ont suivi le traitement, la quantité de résidus présents dans la pièce ventilée était plus de la moitié celle en pièce non ventilée (tableau 6).

Tableau 6 : Importance de la ventilation sur la quantité de résidus de pesticides dans une habitation (Fenske et al., 1990)

Heure d'échantillonnage (heures après application)	Pièces ventilées		Pièces non ventilées	
	Moyenne de résidus ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) a	Pourcentage du dépôt initial	Moyenne de résidus ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) b	Pourcentage du dépôt initial
<0,5	1,69	12,4	3,9	28,6
0,5-6,5	0,69	5	1,56	11,4
24	0,28	2	0,48	3,5

a,b : toutes les pièces ventilées comportaient des valeurs significativement inférieures aux pièces non ventilées (ANOVA: Student-Neuman-Keuls test; $p < .01$)

Ensuite, à l'échelle d'une journée, la ventilation a permis le maintien de la teneur en pesticide à des faibles concentrations alors qu'en pièce close, les concentrations ont augmenté au fil des heures en raison de la volatilisation de la substance active, augmentant ainsi les risques d'exposition par inhalation (Figure 6).

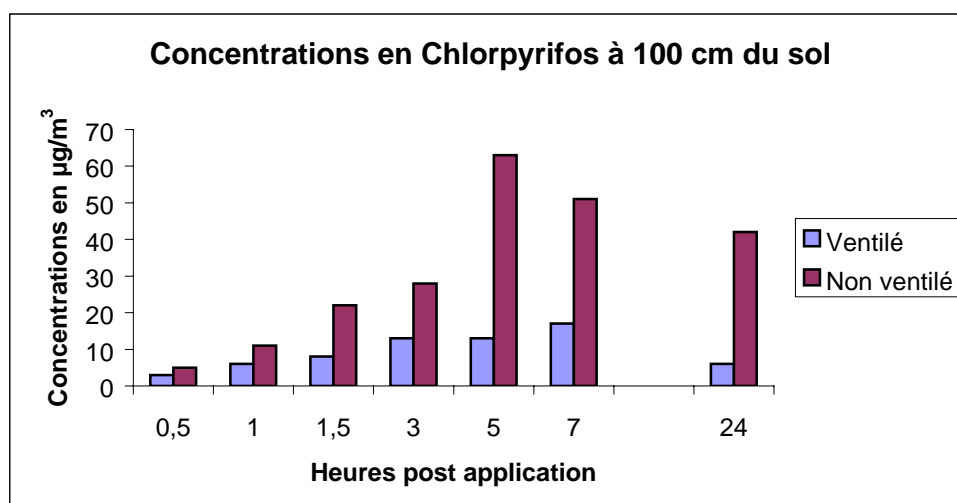


Figure 6 : Evolution sur 24 heures de la concentrations à une hauteur d'un mètre en chlorpyrifos en présence et absence de ventilation. L'application généralisée a été appliquée à 40 cm au dessus d'une moquette à l'aide d'un pulvérisateur (Fenske et al., 1990).

5- Activité des individus au sein de la maison

Après l'utilisation des produits dans et autour de la maison, l'exposition aux pesticides post-application intervient dans une variété de micro-environnements qui correspondent à l'activité journalière des personnes. Ces activités mettent en contact les individus avec des résidus foliaires pendant le jardinage, après ré-entrée sur des gazons traités ou après un contact avec la plante d'intérieur traitée ou bien encore lors de l'émission des résidus depuis les surfaces non ciblées mais contaminées (Driver et al., 2001). **L'exposition d'un individu au cours d'une journée se résume par conséquent à une somme d'expositions liée à la fréquentation des différents environnements où des pesticides sont présents** (Bearer et al., 1995).

A l'intérieur d'une habitation une activité élevée favorise la mise en suspension des résidus et contribue à contaminer d'autres surfaces que celle au sol, table et rebord des fenêtres. **Cette contamination est fonction du nombre de personnes présentes dans la maison, de leurs allées et venues ainsi que de la présence d'animaux domestiques** (Nishioka et al., 2001) (Tableau 7).

Tableau 7: Contributions des mécanismes de transport à la présence de l'herbicide 2,4-D sur des surfaces au sein d'une habitation (in Nishioka et al., 2001)

Transport	Contribution à la présence de 2,4-D (ug/m ²)			Distribution de la quantité totale de 2,4-D (%)		
	Sol	Table	Rebord des fenêtres	Sol	Table	Rebord des fenêtres
Rentrée d'air extérieur (a)	1,7	1,7	1,7	1	7	8
Chaussures de l'applicateur portées à l'intérieur	51,2	0	0	27	0	0
Activité élevée des enfants avec leur chaussures	16,7	3	2,1	9	12	10
Faible activité des enfants avec leurs chaussures	1,7 (b)	0,3 (b)	0,1 (b)			
Activité élevée du chien	117,5	21	18	63	81	82
Total	187	26	22	100	100	100

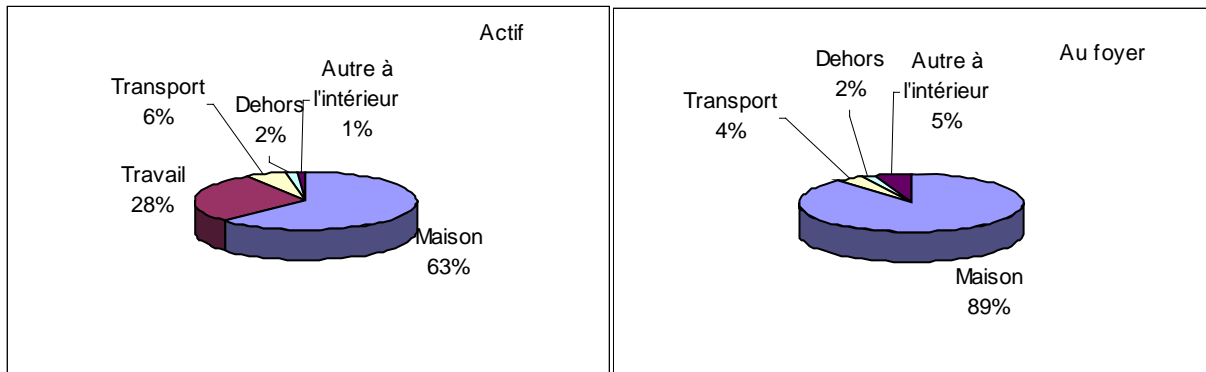
a-la rentrée des particules en suspension dans l'air inclut la dérive de l'herbicide lors de l'application (0 ug/m²), la rentrée par des fissures (0.3 ug/m²) et intrusion via l'ouverture /fermeture des portes et des fenêtres (1.4 ug/m²)

b-inclus pour la comparaison avec la faible activité des enfants ; valeurs non comprises dans le total et la distribution

En plus de contenir des pesticides utilisés dans le traitement des puces et tiques, les animaux domestiques passent plus de temps à l'extérieur que les membres de la famille où il entre en contact avec les résidus au niveau de ses pattes et de son poil lorsqu'il est couché notamment. Il en résulte une exposition aux pesticides utilisés à l'extérieur plus grande. Une étude conduite par Morgan et al. (2001) a révélé qu'un chien, passant 3 à 4 heures par jour à l'extérieur sur une pelouse traitée au diazinon, avait sur ses pattes des résidus 40 fois supérieurs à ceux retrouvés sur les mains d'un enfant le jour de l'application. Une fois dans l'habitation, les animaux domestiques peuvent transférer ces résidus aux personnes par des contacts directs (ex. caresses, léchage ...) ou indirects en libérant les pesticides sur les tapis

par exemple. Les animaux domestiques représentent ainsi un bon vecteur pour la collecte, le transfert et la translocation des résidus de pesticides dans les habitats.

Au sein de la maison l'activité est étroitement liée au temps passé dans cet environnement. Il faut savoir que les personnes au foyer ainsi que les enfants non scolarisés passent la majorité de leur temps à la maison. Des études américaines ont évaluée 89 %, la proportion du temps passé dans une habitation par une personne au foyer alors qu'un actif va n'en passer plus que 63 % (Figures 7 et 8). Pour ces personnes, 90 % de l'exposition journalière à des pesticides aura par conséquent lieu dans leur habitation (Nigg et al., 1990).



Figures 7 et 8 : Proportion du temps passé par un actif et une personne au foyer dans différents environnements (Nigg et al., 1990)

2- Cas particulier des enfants :

Les enfants font parti d'un groupe sensibilité aux effets toxiques des pesticides en raison d'une sensibilité plus grande qui leur est inhérente et aussi à cause de certaines caractéristiques comportementales desquelles résultent une plus grande exposition (Jackson 2001). Leur potentiel d'exposition est donc plus élevé que celui des adultes.

a- Facteurs physiologiques :

Les enfants ont une plus grande susceptibilité à une exposition dermale aux pesticides parce qu'ils ont une surface de peau comparativement à leur poids qui est plus grande. Le ratio surface/poids avoisine, pour un nouveau-né, les 2.5 fois celui d'un adulte. En plus de fournir une plus grande surface pour une absorption dermale, cette caractéristique signifie qu'un enfant va avoir une plus grande perte de chaleur nécessitant un taux d'activité métabolique plus élevé. La résultante sera entre autre une plus grande consommation d'oxygène d'où une plus forte exposition à inhalation.

Les enfants possèdent également une couche de gras sous cutanée qui se développe entre 2 et 3 mois et persiste jusqu'à 3 ans environ, ce qui augmente l'association avec les composés lipophiles présents dans certains pesticides (Cohen Hubal et al., 2000).

b- Facteurs comportementaux :

Chez les enfants de moins de 12 ans, la maison est le premier et le principal lieu de contact avec les pesticides. Dans les premières années de leur vie, les enfants passent quotidiennement une durée moyenne de 21 heures à l'intérieur. Cette durée qui évolue par la suite peut se décomposer selon l'âge de l'individu en 89 à 77 % de son temps dans une maison et 0 à 9 % à l'école ou à la crèche (Figures 9).

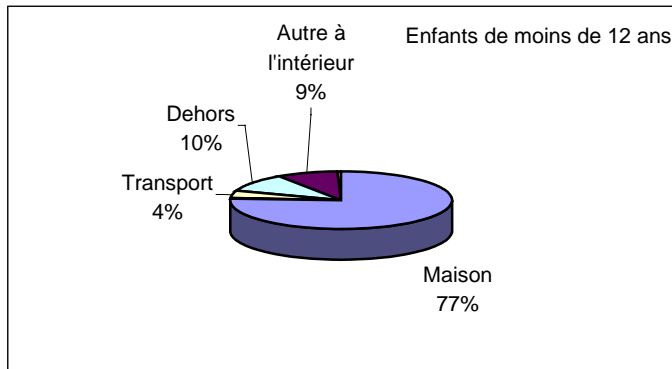


Figure 9 : Répartition de l'activité journalière des enfants de moins de 12 ans dans divers environnements

Les sources de pesticides et des voies d'exposition de l'enfant changent à mesure qu'ils acquièrent la mobilité et que des modifications s'opèrent dans leur comportement et leur activité.

Exposition dermale :

Pendant les toutes premières années de leur vie, les enfants rampent, puis grimpent et commencent enfin à marcher. Leur activité au niveau du sol reste prédominante et les expose plus facilement aux résidus de pesticides déposés après une application ou associés à la moquette ou au mobilier. La probabilité de contact dermale est par conséquent plus importante chez les enfants qui évoluent sur ces surfaces.

Ingestion :

Les enfants ont tendance à « goûter » leur environnement en portant régulièrement les mains ainsi que d'autres objets à leur bouche d'où une ingestion non-alimentaire des pesticides depuis les surfaces contaminées (Pope, 2001 ; Adgate et al., 2001). L'exposition liée à ce comportement est favorisée par l'humidité de leur mains (transpiration et salive) permettant un transfert jusqu'à 100 fois plus important des résidus secs (Lewis et al., 1994 ; Guranathan et al., 1998). Les mains sont enfin beaucoup moins lavées que celles des adultes et engendrent par conséquent une exposition plus longue.

Le comportement de PICA qui peut s'observer entre 18 mois et 2 ans est un autre facteur d'augmentation du risque d'ingestion de pesticides. Ce comportement peut être défini comme la consommation répétée de substance non-nutritives par l'enfant. Il peut en outre représenter des quantités importantes pouvant aller certains jours jusqu'à plusieurs grammes.

Inhalation :

La zone de respiration chez l'enfant, quand on la compare à celle d'un adulte, est plus proche du sol et dépend de sa hauteur et de sa mobilité. Or c'est dans ces zones que certaines particules plus lourdes s'accumulent. Ces couches basses d'air sont de plus moins touchées par les mouvements provoqués par la ventilation qui permettent de diminuer la quantité de résidus présents dans l'air. Cette exposition par inhalation est surtout vraie lors d'une application généralisée et concerne surtout les traitements de nuisibles (Byrne et al., 1998). Il a été montré qu'à une hauteur de 25 cm, correspondant à la zone de respiration d'un enfant, la concentration en chlorpyrifos est beaucoup plus élevée (11 à 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) qu'à la hauteur d'un adulte en position assise (3 à 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Figure 10).

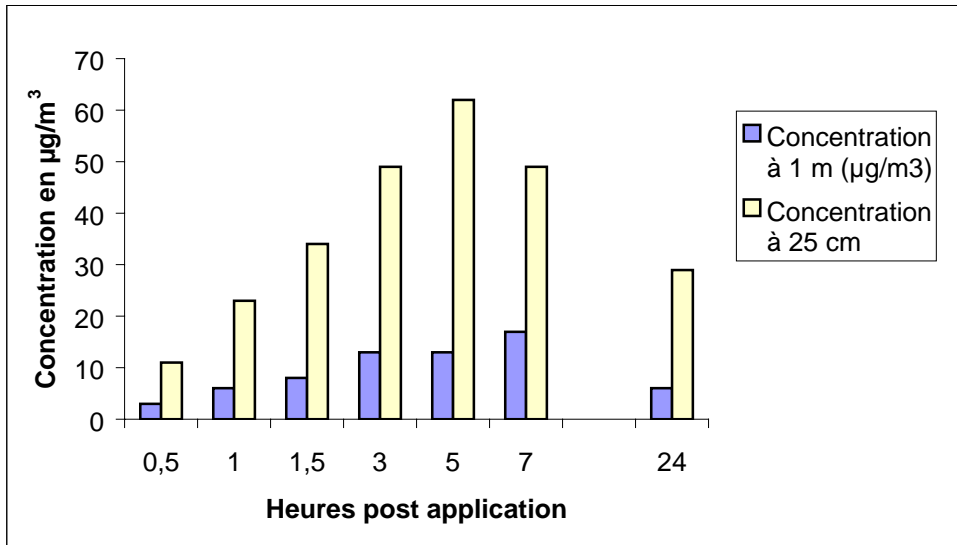


Figure 10 : Concentration en Chlorpyrifos dans une pièce ventilée mesurées à 25 cm et 1 m du sol (Fenske et al., 1990)

IV- Mesures de sauvegarde

1- Réduction des réservoirs de pesticides :

De façon générale, réduire le nombre de réservoirs présents dans l'habitation est une solution pour réduire l'exposition aux pesticides et même à d'autres particules qui peuvent être allergènes.

La diminution de la quantité de poussières disponibles sert à baisser la quantité de pesticides qui s'y lieront et à réduire par conséquent l'ingestion ou l'inhalation de ces mêmes pesticides. Cette réduction peut se faire en limitant la surface de tapis et moquettes qui recouvrent le sol, en particulier dans les lieux fortement fréquentés par les enfants ou ceux que les animaux domestiques fréquentent.

Avec l'augmentation des craintes du public concernant la qualité de l'air dans la maison, toute une gamme d'appareils électroménagers est apparue. On peut ainsi trouver sur le marché, des purificateurs d'air qui permettent de réduire le nombre de particules en suspension dans l'air, des aspirateurs avec des filtres qui retiennent les fines particules, etc. Mais le passage d'un chiffon et d'une serpillière humide sur les surfaces lisses permettent d'une manière simple de collecter une grande quantité de poussières tout en évitant de les remettre en suspension.

2- Réduction du risque d'exposition :

Avant d'utiliser un pesticide, il est impératif de vérifier qu'il y a une réelle nécessité de traiter. Des mesures prophylactiques (taille, suppression des feuilles atteintes...) sont à conduire en priorité. Ensuite même si les produits de traitement sont polyvalents, l'identification du ravageur/pathogène responsable est souhaitable pour avoir une efficacité optimale. Dans tous les cas, les mesures pour réduire le risque d'exposition aux pesticides passent par l'information et la formation des utilisateurs amateurs.

Plantes d'intérieur :

Avant le traitement :

Il est nécessaire avant de traiter le végétal de réaliser un diagnostic afin de savoir si ce ne sont pas des facteurs abiotiques qui ne sont responsables de son dépérissement. En effet, les plantes d'intérieur sont soumises à des conditions environnementales qui ne leur sont pas toujours favorables, manque ou excès d'arrosage, de fertilisation, de luminosité qui peuvent causer leur affaiblissement voire leur mort. Il est par conséquent nécessaire d'identifier la cause du dépérissement avant d'utiliser un traitement polyvalent.

S'il s'agit d'une attaque parasitaire, il n'est pas toujours nécessaire d'utiliser un produit de traitement. L'application de mesures prophylactiques peut suffire à réduire considérablement l'impact du ravageur ou pathogène. Si le végétal ne peut supporter une taille, des techniques alternatives à l'utilisation des pesticides, moins contraignantes et plus économiques devraient être essayées. Le passage d'un linge ou coton imbibé d'alcool ou d'huile pour les cochenilles, le bassinage contre les acariens, peuvent, si ce n'est éradiquer le ravageur, diminuer sa population à un seuil de nuisibilité acceptable.

Au moment du traitement :

Si le traitement s'avère nécessaire, il devra être réalisé dans des conditions de sécurité optimales et ne pas être répété de façon systématique et régulière. Il existe sur le marché des formulations sous forme de bâtonnets avec une libération progressive et une assimilation systémique du pesticide. Ces bâtonnets, enterrés dans le substrat, protègent d'une exposition par inhalation et d'une exposition post application. S'ils sont manipulés avec gants étanches, ils peuvent être préférables aux aérosols.

La majorité des autres produits commerciaux utilisés pour la protection des plantes d'intérieur sont vendus en formulation prêt à l'emploi, sous forme d'aérosol. Ils permettent une application sur de petites surfaces et réduisent par conséquent la quantité de pesticides utilisés. La formulation en aérosol produit toutefois une quantité importante de particules qui vont être mis en suspension dans l'air et pouvoir se déposer ailleurs que sur la zone ciblée. Il est donc préférable d'appliquer ces pesticides à l'extérieur. Si le traitement doit être réalisé à l'intérieur, il est impératif d'appliquer le produit dans une pièce ventilée immédiatement après application et de façon régulière les jours suivants permettant aux particules volatilisées d'être évacuées vers l'extérieur ou de ne pas s'accumuler en un seul lieu. Le traitement doit avoir lieu à environ 20 cm de la surface visée afin d'éviter une dispersion dans l'air s'il est trop éloigné ou un retour vers l'applicateur lié à la puissance de projection s'il est trop proche.

Le port de gants imperméables sans déchirures et sans coutures auxquels s'ajoutent pour des traitements liquides ou aérosols des vêtements longs qui seront lavés une fois le traitement appliqué, sont indispensables pour réduire le risque d'exposition dermale. A elles-seules, ces deux précautions prises au moment de la préparation de la bouillie et lors de l'application élimine jusqu'à 95 % de l'exposition dermale (Kurtz et Bode, 1985). Un masque filtrant s'il est suffisamment fin permettra quant à lui de réduire l'exposition par inhalation des particules de pesticides en suspension et volatilisées.

Il convient de traiter au-dessus d'une surface qui ne permettra pas l'accumulation de résidus et pourra être nettoyé facilement comme un carrelage ou la baignoire par exemple.

Après le traitement :

- Une fois le traitement réalisé, l'applicateur devra se laver correctement et tout particulièrement les mains et le visage, et nettoyer les vêtements utilisés lors du traitement.
- Le pesticide doit être entreposé dans les conditions indiquées sur l'emballage, soit généralement dans son emballage d'origine, à l'abri de l'humidité, de la lumière, des températures extrêmes et dans un local ventilé.
- Quant au végétal, il devra être mis à l'abri des habitants de la maison, loin d'une zone de passage et manipulé le moins possible dans les premiers jours suivant l'application.

Pelouses :

Avant le traitement :

De même qu'une pelouse ne doit pas être forcément verte à longueur d'année, la présence de mauvaises herbes n'est pas toujours à considérer comme un facteur dépréciatif. Le seuil d'intervention doit être pensé en fonction de la nuisance réelle que peuvent apporter ces adventices. Encore une fois, si seulement quelques plants de mauvaises herbes sont présents, il est préférable de désherber manuellement ou de traiter de façon localisée pour réduire la quantité de résidus qui pourront rentrer dans l'habitation. Le simple fait de veiller à une bonne santé de la pelouse, en apportant une fertilisation suffisante, en resemant les zones mises à nu, en évitant d'avoir un sol trop humide, empêche le développement de mauvaises herbes et prévient des attaques de parasites.

Au moment du traitement :

Le traitement devra avoir lieu lorsque les températures ne sont pas trop élevées pour réduire la volatilisation du produit. Il est également impératif de traiter sans vent pour limiter la dérive des particules vers des zones non ciblées. Il est possible de réduire cette dérive avec des adjuvants qui augmentent la viscosité des particules et permettent de diminuer le nombre de fines gouttelettes. Cependant, s'il n'est pas inclus dans le produit commercial, il semble évident que l'amateur ne l'ajoutera pas lors de son traitement. Ainsi, il est préférable pour un traitement généralisé, de faire réaliser l'application par une société agréée travaillant avec du personnel certifié.

Après le traitement :

Après une application, le respect du temps de réentrée sur la zone traitée d'au moins 24 heures permet de réduire de façon importante la quantité de résidus délogeables.

A la suite du traitement, la présence d'un paillason placé à l'entrée de la maison permet de collecter les pesticides et réduire leur transport vers d'autres réservoirs comme les tapis où l'activité est plus élevée et risque d'augmenter l'exposition (Nishioka et al., 1999). Il devra toutefois être débarrassé régulièrement des résidus accumulés afin de ne pas faire office de source.

De même, la pose des chaussures et leur rangement dans un sas d'entrée réduira considérablement la quantité de pesticides introduits. Une comparaison de la quantité de résidus de 2,4-D présents dans des habitations après un traitement ont montré que c'est dans la maison où ces règles d'hygiène étaient respectées que le niveau les plus faibles de résidus a été obtenu (Nishioka et al. 2001)

Jardin :

Avant le traitement :

Il faut veiller à ce que les populations d'organismes nuisibles n'envahissent pas le jardin au point où il devient nécessaire de prendre des mesures chimiques curatives pour s'en débarrasser. Il convient donc de contrôler régulièrement l'évolution du parasitisme afin de pouvoir agir précocement. La pose de barrières et de pièges, le fait d'enlever tout ce qui risque d'attirer ces ravageurs et à l'inverse favoriser les prédateurs naturels, retirer toute source d'inoculum, sont autant de techniques qui aident à maintenir les populations de ravageurs à des seuils acceptables. De nombreux auxiliaires sont naturellement présents dans les jardins et permettent de les réguler. Par exemple, la présence de paillage et d'abris pour l'hiver permettent aux coccinelles, chrysopes, syrphes et hyménoptères parasitoïdes de limiter les proliférations de pucerons. Chaque traitement insecticide à l'inverse réduit leur nombre et par la même occasion le nombre de ravageurs consommés. Afin d'intervenir au bon stade de développement, il est utile de connaître la biologie du nuisible. Il sera ainsi plus facile de mener une lutte raisonnée contre lui sans utiliser des pesticides.

A bon escient, le diagnostic est par conséquent un point important à intégrer pour une stratégie de lutte.

Au moment du traitement :

Les mêmes précautions sont à prendre que pour les autres usages cités précédemment (pelouses, jardins d'amateurs).

Après le traitement :

Une exposition liée à une ingestion alimentaire des résidus, qui n'a pas été développée dans cette synthèse, est ici à considérer sur les denrées alimentaire. Les amateurs ne sont en effet pas obligatoirement familiers avec les notions de Limite Maximale de Résidu (L.M.R.) ou de Date d'Application avant Récolte (D.A.R.).

Autres nuisibles présents à l'intérieur des maisons:

Prévenir une infestation d'insectes nuisibles consiste encore une fois à éliminer les conditions qui leur sont favorables. Pour ce faire, il faut les empêcher d'avoir accès aux aliments en ne laissant pas de conditionnements entamés sans les stocker dans des enceintes étanches, à l'eau et à un abri, en gardant la maison en bon état de propreté. Des appâts insecticides permettent également de limiter l'exposition lorsqu'ils sont placés hors de contact par les occupants de la maison surtout les enfants.

Lors du traitement il est préférable de localiser le traitement uniquement vers la zone où l'insecte est présent et toujours bien ventiler après utilisation.

Il n'y a pas de lutte alternative au traitement chimique pour les insectes et champignons xylophages. Le mieux est de faire appel à des sociétés spécialisées et d'intervenir suffisamment tôt pour réaliser des applications localisées.

Conclusion

La maison qui semble éloignée des sources de pesticides souvent assimilées à une activité agricole, s'avère en fait être un lieu privilégié pour leur accumulation et un environnement propice à une exposition des occupants. Les activités journalières dans et autour d'une maison engendrent la manipulation de pesticides qui ne semblent pas nocifs aux yeux de l'utilisateur amateur et la contamination de son habitation via un transfert depuis l'extérieur. La multiplicité des origines possibles ainsi que la nature des substances actives qui peuvent être les mêmes pour le particulier et le professionnel constituent ainsi un risque pour la santé humaine et notamment pour les enfants.

L'impact réel de la présence de pesticides dans les habitations restant à être évalué, il est important d'informer les applicateurs amateurs sur la dangerosité des substances actives contenues dans les pesticides qu'ils appliquent mais aussi, et surtout de les former, sur les bonnes pratiques à respecter lors de toute utilisation. Des gestes simples, comme porter des gants au moment de l'application, retirer ses chaussures pour réduire l'entrée de pesticides, etc. peuvent réduire de façon considérable l'exposition aux pesticides. De même un changement de mentalités sur la nuisibilité des organismes qui nous entourent traduite par un essai d'éradication par les particuliers permettrait de réduire l'utilisation et l'exposition aux pesticides.

Bibliographie

Adgate, J.L. and Sexton, K. (2001). Emerging issues: children's exposure to pesticides in residential settings. Handbook of pesticide toxicology. Volume 1. Principles. Chapter 42. Pp 887-904. Ed. Krieger, R.I., Doull, J., Gammon, D., Hodgson, E., Reiter, L., Ecobichon, D., Ross, J.

Bearer, C.F. (1995). How are children different from adults? Environmental Health Perspectives 103 (Suppl 6): 7-12

Byrne, S.L., Shurdut, B.A. and Saunders, D.G. (1998). Potential chlorpyrifos exposure to residents following standard crack and crevice treatment. Environmental Health Perspectives 106: 725-731.

Cohen Hubal, E.A., Sheldon, L.S., Burke, J.M., McCurdy, T.R., Berry, M.R., Rigas, M.L., Zartarian, V.G. and Freeman, N.C.G. (2000). Children's exposure assessment: a review of factors influencing children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure. Environmental Health Perspectives, 108 (6): 475-486.

Colt, J.S., Zahm, S.H., Camann, D.E. and Hartge P. (1998). Comparison of pesticides and other compounds in carpet dust samples collected from used vacuum cleaner bags and from a high-volume surface sampler. Environmental Health Perspectives, 106: 721-724

Crosby, D.G. (1976). Herbicide photodecomposition. In : Herbicides: Chemistry, degradation and mode of action, ed. P.C. Kearney and D.D. Kaufman, 835-890, New York: Marcel Dekker. In : Stephenson, G.R. and Ritcey, G.M. (1998). Dislodgeable foliar residues of pesticides in agricultural, landscape and greenhouses environments. In: Occupational hazards of pesticide exposure. Sampling, monitoring, measuring. Pp 51-80. Ed. Ecobichon, D.J

Davis, J.E. (1984). Procedures for dermal and inhalation studies to assess occupational exposure to pesticides. Pp. 123-131 in M. Siewerski, Ed. Determination and assessment of pesticides exposure. New York: Elsevier. In : Nigg, H.N., Beier, R.C., Carter, O., Chaisson, C., Franklin, C., Lavy, T., Lewis, R.G., Lombardo, P., McCarthy, J.F., Maddy, K.T. (1990) Exposure to pesticides. In: The effect of pesticides on human health. Pp35-112. Ed. Baker, S.R., Wilkinson, C.F. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publishing

Driver, J.H, Ross, J.H., Pandian, M.D., Evans, J.B., Whitmyre, G.K. (2001). Residential exposure assessment: an overview. Handbook of pesticide toxicology. Volume 1. Principles. Chapter 16.pp 435-441 (Editors: Krieger, R.I., Doull, J., Gammon, D., Hodgson, E., Reiter, L., Ecobichon, D., Ross, J.)

Ecobichon, D.J. (1995). Aerial application of agricultural chemical and off-target drift. In *Aerial application of pesticides in agriculture – set backs from habitation*. Report, New Brunswick Department of Agriculture and Rural Development Committee Fredericton, New Brunswick, Canada. In : Riley, C.M. and Wiesner, C.J. (1998). On-target and off-target deposition. In: Occupational hazards of pesticide exposure. Sampling, monitoring, measuring. Pp 9-50. Ed. Ecobichon, D.J.

Fenske, R.A., Black, K.G., Elkner, K.P., Mee, C.-L., Methner, M.M., Soto, R. (1990). Potential exposure and health risks of infants following indoor residential pesticide applications. *American Journal of Public Health*, 80 (6): 689-693.

Gurunathan, S., Robson, M., Freeman, N., Buckley, B., Roy, A., Meyer, R., Bukowski, J. and Lioy, P.J. (1998). Accumulation of Chlorpyrifos on residential surfaces and toys accessible to children. *Environmental Health Perspectives* 106: 9-16.

Jackson, R.J., Rubin, C.H., McGeehin, M. (2001). Sensitive population groups. *Handbook of pesticide toxicology*. Volume 1. Principles. Chapter 37. Pp 783-798. Ed. Krieger, R.I., Doull, J., Gammon, D., Hodgson, E., Reiter, L., Ecobichon, D., Ross, J.

Kurtz, D.A. and Bode, W.M (1985). Application exposure to the home gardener. Pp. 139-161 in R.C. Honeycutt, G. Zweig, and N.N Ragsdale, Eds. *Dermal exposure related to pesticide use*. ACS Symposium series 273. Washington, D.C. : American Chemical Society. **In** : Nigg, H.N., Beier, R.C., Carter, O., Chaisson, C., Franklin, C., Lavy, T., Lewis, R.G., Lombardo, P., McCarthy, J.F., Maddy, K.T. (1990) Exposure to pesticides. In: *The effect of pesticides on human health*. Pp35-112. Ed. Baker, S.R., Wilkinson, C.F. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publishing.

Lewis, R.G., Fortmann, R.C. and Camann, D.E. (1994). Evaluation of methods for monitoring the potential exposure of small children to pesticides in the residential environment. *Archives of Environmental and Contamination Toxicology*, 26: 37-46.

Lioy, P.J, Freeman, N.C.G. and Millette, J.R. (2002). Dust: a metric for use in residential and building exposure assessment and source characterization. *Environmental Health Perspectives*, 110 (10): 969-983.

Moeschandreas, D.J., Kim, Y., Karuchit, S., Ari, H., Lebowitz, M.D., O'Rourke, M.K., Gordon, S., Robertson, G. (2001). In-residence, multiple route exposures to chlorpyrifos and diazinon estimated by indirect method models. *Atmospheric environment* 35: 2201-2213.

Morgan, M.K., Stout, D.M. and Wilson, N.K. (2001). Feasibility study of the potential exposure to pet-borne diazinon residues following lawn applications. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 66: 295-300

Nigg, H.N., Beier, R.C., Carter, O., Chaisson, C., Franklin, C., Lavy, T., Lewis, R.G., Lombardo, P., McCarthy, J.F., Maddy, K.T. (1990) Exposure to pesticides. In: *The effect of pesticides on human health*. Pp35-112. Ed. Baker, S.R., Wilkinson, C.F. Princeton, NJ: Princeton Scientific Publishing.

Nishioka, M.G., Burkholder, H.M. and Brinkman, M.C. (1999). Distribution of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid in floor dust throughout homes following homeowner and commercial lawn applications: quantitative effects of children, pets and shoes. *Environmental Sciences and Technology*, 33 (9): 1359-1365

Nishioka, M.G., Lewis, R.G., Brinkman, M.C., Burkholder, H.M., Hines, C.E. and Menkedick, J.R. (2001). Distribution of 2,4-D in air and on surfaces inside residences after lawn applications: comparing exposure estimates from various media for young children. *Environmental Health Perspectives*, 109 (11): 1185-1191

Nishioka, M.G., Lewis, R.G., Brinkman, M.C., Burkholder, H.M. (2002). Foot transfer of lawn applied pesticides from turf to carpet: comparison of semivolatile chlorpyrifos with nonvolatile chlorothalonil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 68: 64-71.

Pauluhn, J. (1999). Hazard identification and risk assessment of pyrethroids in the indoor environment. *Toxicology Letters* 107: 193-199.

Pope, C. (2001). The influence of age on pesticide toxicity.. *Handbook of pesticide toxicology*. Volume 1. Principles. Chapter 41. Pp 873-885. Krieger, R.I., Doull, J., Gammon, D., Hodgson, E., Reiter, L., Ecobichon, D., Ross, J. Eds.

Riley, C.M. and Wiesner, C.J. (1998). On-target and off-target deposition. In: *Occupational hazards of pesticide exposure. Sampling, monitoring, measuring*. Pp 9-50. Ed. Ecobichon, D.J.

Roberts, J.W., Budd, W.T., Ruby, M.G., Camann, D.E., Fortmann, R.C.; Lewis, R.G., Wallace, L.A. and Spittler, T.M. (1992). Human exposure to pollutants in the floor dust of homes and offices. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, Suppl. 1*: 127-146.

Ross, J.H., Thongsinthusak, T., Fong, H.R., Margetich, S. and Krieger, R. (1991). Measuring potential dermal transfer of surface pesticide residue generated from indoor fogger use: using the CDFA roller method. *Interim report II. Chemosphere*, 22: 975-984.

Simcox, N.J., Fenske, R.A., Wolz, S.A., Lee, I-C. and Kalman, D.A. (1995). Pesticides in household dust and soil: exposure pathways for children of agricultural families. *Environmental Health Perspectives* 103: 1126-1134

Solomon, K.R., S.A. Harris and G.R. Stephenson (1993). Applicator and Bystander Exposure to Home and Garden Pesticides. Chapter 22, p. 262-274, In *Pesticides in Urban Environments*, K.D. Racke and Anne R. Leslie, Eds., American Chemical Society symposium Series, 522, Washington, D.C.

Stephenson, G.R. and Ritcey, G.M. (1998). Dislodgeable foliar residues of pesticides in agricultural, landscape and greenhouses environments. In: *Occupational hazards of pesticide exposure. Sampling, monitoring, measuring*. Pp 51-80. Ed. Ecobichon, D.J.

Stout, D.M. and Leidy, R.B. (2000). A preliminary examination of the translocation of microencapsulated cyfluthrin following applications to the perimeter of residential dwellings. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 35 (4): 477-489.

Stout, D.M. and Mason, M.A. (2003). The distribution of chlorpyrifos following a crack and crevice type application in the US EPA indoor air quality research house. *Atmospheric Environment* 37: 5539-5549

Van der Jagt, K.E. (2001). Residential exposure should be considered in appropriate terms-summary of discussions. *Annals of Occupational Hygiene* 45 (1001): 167-170.

Sitographie

http://www.atl.ec.gc.ca/epb/factsheets/bkyard_bug/bugs_brch_f.html

http://www.ctba.fr/document_produit/listes%20septembre%2004.pdf

Table des matières

Introduction	1
I- Origine des pesticides.....	2
1- Traitements des plantes d'intérieur	2
2- Traitements des autres organismes nuisibles de la maison	3
3- Traitements des pelouses et du jardin	5
4- Autres pesticides à usage non domestiques.....	6
II- Voies de contamination	7
1- Ingestion non-alimentaire.....	7
2- Inhalation.....	7
3- Dermale	7
III- Facteurs influençant l'exposition	8
1- Propriétés physico-chimiques	8
2- Présence de réservoirs de pesticides.....	9
3- Type d'application.....	13
4- Conditions d'application	13
5- Activité des individus au sein de la maison	15
IV- Mesures de sauvegarde.....	19
1- Réduction des réservoirs de pesticides :.....	19
2- Réduction du risque d'exposition :.....	19
Conclusion	23
Bibliographie	24