

ENSP
ECOLE NATIONALE DE
LA SANTE PUBLIQUE

RENNES

Ingénieur du Génie Sanitaire

Promotion : **2005 - 2006**

ATELIER SANTE – ENVIRONNEMENT
Les insecticides à usage domestique
dans l'habitat

Morgane ALIX

Aziz ATIYEH

Audrey BONNIN

Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier Laurence Guldner, notre responsable pédagogique, pour son aide et ses conseils lors de la réalisation de ce projet.

Nous remercions, pour leur disponibilité et les informations enrichissantes qu'ils nous ont fournies, les interlocuteurs avec lesquels nous avons pu entrer en contact, et plus particulièrement, Ghislaine Bouvier (Université René Descartes), Corinne Mandin (INERIS) et Mickaël Laurent (Maison de la Consommation et de l'Environnement).

Enfin, nous voulons remercier pour les documents et renseignements divers qu'ils nous ont fournis l'ensemble du personnel des différents Centres Anti Poison que nous avons contactés, et notamment M. Caubet (Rennes), Dr Harry (Angers), Mme Penouil (Bordeaux) et M. Guyodo (Paris).

Sommaire

INTRODUCTION	1
1 Contexte	3
1.1 Les usages des pesticides	3
1.1.1 Usage professionnel.....	4
1.1.2 Usage en zones insalubres	4
1.1.3 Usage domestique	4
1.2 Présentation des insecticides à usage domestique	5
1.2.1 Composition des insecticides	5
1.2.2 Les différentes formes d'application proposées dans le commerce	8
1.2.3 Mode d'action sur les insectes.....	12
1.3 Réglementation	12
1.3.1 La directive 98/8/CE	12
1.3.2 Le programme REACH.....	13
1.3.3 La convention de Stockholm	14
2 Identification des dangers et relations dose-effet	15
2.1 Choix des substances	15
2.2 Toxicologie	16
2.2.1 Toxicocinétique	16
2.2.2 Toxicodynamique	18
2.2.3 Etudes épidémiologiques et limites des institutions	25
2.2.4 Choix de la VTR	26
3 Evaluation des expositions	28
3.1 Milieux contaminés	28
3.2 Voies d'exposition aux insecticides	28
3.2.1 Voie cutanée	29
3.2.2 Voie respiratoire	29
3.2.3 Voie orale.....	30
3.3 Variabilité de l'exposition	31
3.3.1 Variation de la durée d'exposition.....	31
3.3.2 Variation des niveaux d'exposition.....	31
3.3.3 Autres paramètres de variabilité	31
3.4 Populations vulnérables	32
3.5 Choix d'une population d'étude : les enfants	33
3.5.1 Premières contaminations	33
3.5.2 Contamination in utero	33
3.5.3 Contamination des enfants en bas âge	34
3.5.4 Les effets sur la santé des enfants	36
3.5.5 Limites des études sur la santé des enfants et nourrissons.....	38

4	Perspectives	39
4.1	Limites de la réglementation.....	39
4.2	Méconnaissances des effets "cocktail"	40
4.3	Amélioration de la connaissance de l'exposition des populations.....	40
4.3.1	Estimation des ventes d'insecticides	40
4.3.2	Campagne de mesures dans les logements	41
5	Recommandations et propositions d'actions pour diminuer le risque	42
5.1	Précautions d'emploi.....	42
5.2	Méthodes alternatives	43
5.3	Importance de la ventilation.....	44

SOMMAIRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Substances actives présentes dans les insecticides à usage domestique en fonction de la forme d'application (les substances en gras correspondent aux substances les plus fréquemment rencontrées).....	11
Tableau 2 : Toxicocinétique des substances retenues.....	18
Tableau 3 : Récapitulatif de la toxicité aiguë expérimentale de nos 5 substances.....	20
Tableau 4 : Toxicité expérimentale chronique et subchronique.....	23
Tableau 5 : Signes et symptômes rapportés dans certains cas d'intoxication aux insecticides.....	24
Tableau 6 : Classement de la cancérogénicité.....	25
Tableau 7 : VTR disponibles pour les effets non cancérogènes.....	26
Tableau 8 : VTR disponibles pour les effets cancérogènes.....	27

Liste des sigles utilisés

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ARfD : Dose de référence aiguë
BIPS : Bremer Institut für Präventionforschung und Sozialmedizin
CAA : Concentration Atmosphérique Admissible
CIRC : Centre d'Information et de Recherche sur le Cancer
CL50 : Concentration létale pour 50% des animaux exposés
DDT : dichloro-diphényl-trichloroéthane
DJA : Dose Journalière Admissible
DL50 : Dose Létale pour 50% des animaux exposés
ERU : Excès de Risque Unitaire
IARC : International Agency for Research on Cancer
I.C. ₉₅ % : Intervalle de Confiance à 95%
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité
ISO : International Standards Organization
LNH : Lymphome Non Hodgkinien
LOAEL : Low Observed Adverse Effects Level (dose minimale entraînant un effet observé)
NOAEL : No Observed Adverse Effects Level (dose sans effets observés)
NOPEs : Nonoccupational Pesticide Exposure Study
OMS : Organisation Mondiale de la Santé
OR : Odds Ratio
POP : Polluants Organiques Persistants
REACH : Registration, Evaluation, Authorization of Chemicals
UE : Union Européenne
UFC : Union Française Des Consommateurs
UIPP : Union des Industries de la Protection des Plantes
US EPA : United States Environmental Protection Agency
VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée
VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Lexique

Les mots suivis d'un astérisque sont définis ci-dessous:

Acétylcholinestérase : enzyme qui catalyse spécifiquement l'hydrolyse de l'acétylcholine en acide acétique et en choline.

Adjuvant : qui aide à l'accomplissement d'un processus.

Biodisponibilité : aptitude d'un nutriment à être absorbé par l'organisme après ingestion.

Choréoathétose : incoordination motrice avec alternance de dystonie et d'hyperactivation.

Erythrocyte : cellule mature et anucléée du sang circulant, ayant la forme d'un disque biconcave, qui a pour fonctions de contenir l'hémoglobine et de la transporter dans tout l'organisme.

Leucémie : affection sanguine maligne aiguë ou chronique caractérisée par une prolifération cancéreuse des globules blancs et de leurs cellules souches (blastes) dans la moëlle osseuse et dans le sang.

Leucocyte : cellule mature et nucléée du sang circulant, qui a pour fonction de défendre l'organisme contre l'infection.

Métabolite : substance résultant de la transformation d'une matière organique au cours d'une réaction métabolique

Neuroblastomes : en pathologie, tumeur maligne constituée de cellules nerveuses embryonnaires.

Neuropathie : nom générique donné à toutes les affections nerveuses. État de faiblesse générale du système nerveux particulièrement du point de vue des fonctions psychiques.

Paresthésie : trouble de la sensibilité qui se manifeste par des sensations anormales, non douloureuses (fourmillements, picotements, brûlures, engourdissements, piqûres, etc.), le plus souvent ressenties de façon spontanée, mais pouvant aussi être provoquées lors d'une exploration objective.

Persistance : caractéristique d'un agent se rapportant, dans des conditions déterminées, à la durée de son efficacité après dispersion.

Perturbateurs endocriniens : *" agent exogène qui interfère avec la synthèse, la sécrétion , le transport, la fixation, l'action ou l'élimination des hormones naturelles du corps qui sont responsables du maintien de " l'homéostasie" (régulation du système endocrinien en fonction d'un équilibre préalablement fixé) , de la reproduction, du développement et / ou du comportement". US EPA (1997)*

Photolabile : instable à la lumière.

Polyneuropathie : Affection du système nerveux périphérique secondaire à l'atteinte simultanée de plusieurs nerfs, caractérisée par un déficit sensitif, une faiblesse et une atrophie musculaires, une diminution des réflexes ostéotendineux et des symptômes vasomoteurs.

Prurit : démangeaison de la peau ou des muqueuses (parties génitales, anus, nez) incitant au grattage et accompagnant soit une liaison locale (eczéma) soit une affection générale (ictère, diabète, etc.)

Rabdomolyse : nécrose du muscle squelettique.

Rémanence : durée pendant laquelle les effets du produits restent perceptibles.

Surrénales : deux petits organes glandulaires à sécrétion interne annexés aux reins, dont ils coiffent l'extrémité supérieure.

Systemique : qui pénètre dans les tissus de la plante et qui est véhiculé par la sève.

INTRODUCTION

Depuis un peu plus d'une dizaine d'années, la dangerosité des pesticides pour les travailleurs agricoles est reconnue par tous et étudiée par les épidémiologistes dans de nombreux pays. Des pesticides sont aussi utilisés en milieu domestique pour lutter contre les nuisibles, sous des formulations commerciales appelées produits biocides. Les associations, les pouvoirs publics et les scientifiques commencent donc à s'interroger sur l'impact que ces produits pourraient avoir sur la santé des particuliers.

Dans une même optique d'amélioration de la Santé Publique, les expositions à des produits potentiellement dangereux à l'intérieur de l'habitat sont médiatisées depuis quelques années à travers des publications et des ouvrages de vulgarisation scientifique. Il faut bien remarquer que la population moyenne passe la majeure partie de son temps en milieu domestique.

Notre travail s'inscrit dans cette double logique, puisque nous allons chercher à connaître la situation actuelle pour une partie des biocides, les insecticides à usage domestique, dans le milieu que nous côtoyons le plus, notre habitat.

Dans un premier temps, nous décrirons les insecticides domestiques à travers leur composition, leurs formes d'application et leurs modes d'action, tout en les replaçant dans le contexte réglementaire actuel.

Dans une deuxième partie, nous identifierons les dangers qu'ils représentent en nous référant aux études toxicologiques et épidémiologiques existantes.

Nous étudierons, ensuite, les sources et les voies d'expositions aux insecticides domestiques, en particulier pour une population plus sensible, les enfants.

Dans une quatrième partie, nous présenterons les limites et les perspectives soulevées par ce sujet.

Pour finir, nous proposerons des méthodes permettant de diminuer les risques encourus.

1 Contexte

1.1 Les usages des pesticides

La découverte des propriétés du D.D.T. par P. Muller (1940) marque le début de l'ère des pesticides. Le terme « pesticide » est donc d'introduction récente. Il s'est substitué à « produit antiparasitaire » et à « produit phytopharmaceutique », qui n'ont pas exactement le même contenu. On peut définir un pesticide comme étant, à l'exclusion des produits pharmaceutiques et vétérinaires, une substance ou une préparation utilisée pour assurer la destruction (ou prévenir l'action) des animaux, végétaux, microorganismes ou virus nuisibles à l'homme de façon directe ou indirecte. [1] Ils sont largement utilisés par des petits ou grands exploitants agricoles sur leurs cultures mais également par les particuliers dans leurs jardins privés ou en intérieur.

Les principales catégories de pesticides, classées en fonction du type d'organisme ciblé, sont :

- les herbicides : destruction des mauvaises herbes,
- les insecticides et les acaricides : destruction des insectes et des acariens,
- les fongicides : destruction des microorganismes,
- les nématicides : destruction des nématodes,
- les rodenticides : destruction des rongeurs.

Chaque produit reçoit un nom commun reconnu internationalement par l'intermédiaire de l'I.S.O. (International Standards Organization), et qui est souvent utilisé au lieu du nom chimique. Ainsi le gamma-hexachloro-cyclohexane ($C_6H_6Cl_6$) est plus connu sous le nom de lindane.

Dans les eaux ou dans les sols, les pesticides subissent des dégradations chimiques et microbiologiques sous l'action des bactéries, des algues et des champignons ; des réactions chimiques abiotiques transforment aussi les pesticides. Ils peuvent être dissous dans les solutions du sol et entraînés petit à petit vers les nappes phréatiques ou bien se fixer sur les constituants du sol. La prévision de transfert ou de fixation est faite sur la valeur du coefficient de distribution K_d entre la phase solide et la solution. Plus K_d est élevé, plus le composé est fixé. Ainsi, les composés anioniques (ex : carbamates) vont être peu fixés tandis que les composés cationiques (ex : composés organochlorés et organophosphorés) sont beaucoup plus fixés. [2]

L'application régulière et intensive des pesticides peut entraîner l'apparition de souches résistantes des organismes visés : insectes, acariens, champignons phytopathogènes, rongeurs, mauvaises herbes, etc [1]

1.1.1 Usage professionnel

En terme de quantités produites et vendues, l'usage agricole est prédominant. En 2004, 75 120 tonnes de substances actives ont été vendues [3]. Des données plus précises pour les années 2004 et 2005 sont disponibles par famille de produit en annexe I. La demande est forte car il est nécessaire pour les utilisateurs (agriculteurs et jardiniers professionnels) de préserver leurs cultures des maladies et des nuisibles, tout au long de l'année. Les pesticides utilisés sont principalement des herbicides, des fongicides, des rodenticides et des insecticides. Leur épandage sur les cultures peut se faire sous différentes formes (granulés ou liquides), à l'aide de moyens divers (pulvérisateurs, tracteurs, avions, hélicoptères...).

Depuis une dizaine d'années, on observe une prise de conscience de l'exposition importante et prolongée des agriculteurs à ces nombreux produits. Cette population semble développer plus de pathologies graves (cancers, maladies de la peau...) que la moyenne. Les pouvoirs publics ont donc légiféré et interdit certaines substances jugées dangereuses. Ces problèmes de santé concernent également les jardiniers professionnels travaillant en serre, qui, de par leurs conditions de travail en milieu confiné, doivent prendre des précautions particulières face à l'utilisation de pesticides. [4]

1.1.2 Usage en zones insalubres

De nombreuses zones (marécages, égouts...) sont souvent infestées d'animaux (moustiques, mouches, rats) vecteurs de maladies graves pour l'Homme : paludisme, maladie du sommeil, dengue, chikungunya, peste...

Depuis toujours, l'Homme a essayé de lutter contre ces fléaux. L'assèchement des marais (Sologne, Landes) est un moyen radical mais cher. La découverte des premiers pesticides chimiques, tel que le DDT, a permis de lutter contre ces animaux à moindre coût. Malheureusement, ces produits sont souvent nocifs pour l'environnement quand ils sont utilisés en grosse quantité. En effet, souvent les insecticides ne détruisent pas seulement les ravageurs mais aussi les insectes prédateurs et parasites qui limitent les populations des espèces nuisibles. L'usage du DDT sur les agrumes, en détruisant les prédateurs et parasites de la cochenille, a provoqué sa multiplication.

Ces ruptures d'équilibre biologique expliquent aussi pourquoi les insectes nuisibles se mettent parfois à pulluler lorsque l'on effectue un traitement insecticide. [5]

1.1.3 Usage domestique

L'utilisation des insecticides en milieu domestique a pour but de lutter contre les hôtes indésirables des habitations humaines et de leurs occupants. Les produits utilisés sont principalement des fongicides et des insecticides visant à protéger les plantes d'intérieurs, les animaux domestiques et les hommes.

Ces pesticides à usage non agricole sont appelés « produits biocides ». Au sens de la directive 98/8/CE du parlement européen et du Conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides, ces derniers sont « les substances actives et les préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous la forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur, qui sont destinées à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique. »

Les produits biocides incluent les pesticides utilisés par les particuliers pour les activités de jardinage, les bombes insecticides, les produits anti-parasitaires...

Les chiffres (tonnages, chiffre d'affaires) concernant les biocides et leur répartition ne sont par contre pas disponibles car il n'est pas fait de séparation selon le type d'utilisations des produits ; certains pays ont estimé que les usages domestiques de pesticides ou biocides représentaient environ 10% des utilisations totales. [6]

Dans le cadre de notre étude, nous nous limiterons à l'exposition liée aux insecticides utilisés en milieu domestique pour lutter contre les hôtes indésirables (blattes, fourmis, mouches, moustiques, puces...). Nous ne prendrons donc pas en compte les insecticides pouvant être ramenés de l'extérieur, c'est-à-dire les insecticides utilisés pour les jardins privés (et pouvant être ramenés dans la maison via les chaussures ou les vêtements des personnes), ou bien ceux utilisés en agriculture (et pouvant être retrouvés dans l'habitat).

1.2 Présentation des insecticides à usage domestique

Les premiers insecticides furent découverts très tôt. Il s'agissait de végétaux ayant un effet répulsif ou biocide naturel sur certains insectes (la citronnelle, par exemple). Il faut attendre la seconde moitié du XIX^{ème} siècle pour voir apparaître des insecticides chimiques d'origine minérale (acétoarsénite de cuivre contre le doryphore, acide cyanhydrique contre la cochenille, bouillie bordelaise contre le mildiou) et le XX^{ème} siècle pour qu'apparaissent les insecticides organiques de synthèse.

1.2.1 Composition des insecticides

La majorité des insecticides modernes sont composés de différents éléments : une substance active (ou plusieurs pour éviter l'apparition de résistances de la part des insectes) et un ou plusieurs additifs dits "inertes". La nature exacte des additifs n'est généralement pas communiquée au public. Pourtant, bon nombre de ces ingrédients ne sont ni biologiquement, ni toxicologiquement, ni chimiquement "inertes".

A) Les substances actives

La substance active est l'ingrédient principal sélectionné pour sa capacité d'action contre l'insecte visé. Elle peut avoir une origine végétale, minérale, organique de synthèse, microbiologique. Nous allons énumérer les principales substances entrant dans la composition des insecticides à usage domestique pour chacune de ces familles.

a) *Les substances d'origine végétale*

Ce sont les substances les plus anciennement connues. Les plus utilisées sont :

- les huiles essentielles de plantes choisies pour leurs composés aromatiques répulsifs (la citronnelle, le clou de girofle, le camphre ...) ;
- le pyrèthre naturel, extrait des plantes de la famille des astéracées (pyrèthre, chrysanthèmes...) dont les fleurs desséchées ont des propriétés insecticides. Le pyrèthre est un mélange d'esters des acides pyréthrique et chrysanthémique, deux dérivés de l'acide cyclopropane-carboxylique.

Ces substances ne présentent pas d'effets indésirables pour l'environnement et sont peu dangereuses pour l'Homme. Elles peuvent tout de même être à l'origine de réactions allergiques dues à des impuretés de la plante (pollens).

b) *Les substances d'origine organique de synthèse*

Les grandes familles de produits organiques de synthèse présentant une activité insecticide (parfois également acaricide, anti-arachnide et nématocide) sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthriinoïdes. Certains composés issus d'autres familles sont également très utilisés ; on peut citer le fipronil de la famille des phénylpyrazolés, l'amitraz de la famille des formamidines, la liste n'étant pas exhaustive.

• **Les organochlorés**

Les organochlorés ont été les premiers insecticides organiques utilisés. Issus de l'industrie du chlore, ce sont pour la plupart des POPs (Polluants Organiques Persistants). Certains de ces produits, comme l'aldrine, le dieldrine et l'endrine, font partie des substances interdites par la Convention de Stockholm (22 mai 2001, cf. réglementation). Le DDT est le plus ancien organochloré commercialisé (1942). Il a joué un rôle très important dans la lutte contre les vecteurs du typhus, de la malaria et du choléra. Il a cependant été interdit au début des années 1970 du fait de sa toxicité et de sa rémanence.

Le lindane, interdit en agriculture depuis 1998, est susceptible d'être transporté par les courants atmosphériques. On l'a ainsi retrouvé jusque dans les glaces des régions arctiques. De plus, il s'accumule dans les graisses et y reste stocké pendant des années. Pourtant, le lindane est toujours présent dans les rayons droguerie et les pharmacies (lotions antipoux, insecticides à usage ménager).

• **Les pyréthriinoïdes de synthèse**

Les pyréthriinoïdes sont les insecticides les plus courants en usage domestique. [7] Ce sont des molécules de synthèse copiées sur les principes actifs de la fleur de pyrèthre. Ils ont l'avantage d'être peu rémanents et peu toxiques pour les mammifères. [8] C'est un groupe varié qui comprend des composés assez photolabiles* (alléthrine, tétraméthrine et resméthrine) et des halogénés plus stables et plus persistants (perméthrine, deltaméthrine, fenvalérate et cyperméthrine).

Très peu volatils et très lipophiles, ils sont quasiment insolubles dans l'eau. Ils sont actifs longtemps (de 3 à 4 semaines, voire plus), sauf ceux qui s'altèrent à la lumière et en présence d'oxygène. Chaque fabricant d'insecticides prépare son propre cocktail de pyréthrinoïdes en fonction des insectes visés et de ce qu'il juge être la demande du client. On trouve donc sur le marché des produits aux mélanges complexes et non standardisés.

- **Les organophosphorés**

Les insecticides organophosphorés sont la 2^{ème} famille la plus représentée. Ce sont des substances de la génération précédant les pyréthrinoïdes. On les trouve donc dans des produits présents sur le marché depuis plus longtemps.

Ils ont en général une toxicité aiguë plus élevée que les organochlorés mais ils se dégradent beaucoup plus rapidement. [9] En effet, contrairement aux pyréthrinoïdes, la plupart des composés sont peu rémanents dans l'environnement car ils sont hydrolysés rapidement (dégradation en quelques heures à quelques jours). Cependant, les aromatiques et les dérivés soufrés sont plus persistants. Ils ne s'accumulent pas dans les organismes vivants. Ils sont en général peu volatils, sauf le chlorpyrifos, le dichlorvos et le fenthion, et très lipophiles. Comme les organochlorés, ce sont des neurotoxiques.

- **Les carbamates**

Les carbamates, et plus particulièrement les N-méthyl carbamates d'aryle, de formule générale $\text{CH}_3\text{-NH-CO-O-R}$ sont des insecticides puissants ; la première molécule, le diméthan, a été synthétisée par Ciba-Geigy en 1945, puis le carbaryl, toujours très utilisé, par Union Carbide en 1957. Les N-méthyl carbamates d'oxime, comme l'aldicarbe, sont également nématicides et miticides. La plupart sont peu volatils et liposolubles (sauf le pirimicarbe, très hydrosoluble). Les principaux carbamates retrouvés dans les insecticides à usage domestique sont le carbaryl et le propoxur.

Les carbamates sont principalement présents dans les aérosols anti-cafards et dans les colliers antiparasitaires pour chien.

- **Les phénylpyrazolés (le fipronil)**

Le fipronil (mis sur le marché en France en 1994) est le principal membre de la famille des phénylpyrazolés. Le fipronil était utilisé en agriculture dans la protection des semences, mais sa probable toxicité pour les abeilles a conduit à son interdiction provisoire (suspension d'autorisation de commercialisation) en France depuis février 2004 pour les usages agricoles en vertu du principe de précaution. En revanche, il reste très utilisé pour la désinsectisation des locaux (lutte contre les cafards et blattes) et dans les produits antiparasitaires à usage vétérinaire. [10]

c) *Les substances d'origine microbiologique*

A partir de 1975, suite à la prise de conscience de la toxicité de certains produits, la recherche insecticide se tourne vers d'autres substances radicalement différentes et d'origine microbiologique. Des substances, produites par la fermentation des actinomycètes (champignons), sont alors découvertes.

A l'heure actuelle, la recherche vise à développer l'utilisation de bactéries, de virus et de protozoaires pour lutter contre les insectes tout en limitant les risques pour l'environnement et les populations humaines

B) Les additifs ou substances « inertes »

Dans les produits vendus dans le commerce, un certain nombre d'additifs sont associés à la substance active. On trouve ainsi des solvants (dérivés du pétrole) et des adjuvants (tensioactifs, huiles minérales ou végétales)

Ces adjuvants renforcent l'efficacité et améliorent l'utilisation du produit. Ils peuvent être de plusieurs types :

- agents mouillants qui réduisent la tension superficielle de l'eau et permettent à la gouttelette de bien couvrir la surface de l'organisme nuisible ;
- émulsifiants qui favorisent un bon mélange entre l'insecticide et l'eau ;
- agents adhésifs qui permettent de faire adhérer l'insecticide sur la surface traitée ;
- agents anti-moussants qui préviennent la formation de mousse lors de l'agitation de l'emballage ;
- agents épaississants qui réduisent le fractionnement des gouttelettes ;
- agents activateurs qui facilitent l'absorption du produit dans la cuticule de l'insecte ;
- agents de prolongation qui servent à prolonger l'activité de l'insecticide ;
- agents anti-agglutinants qui maintiennent une bonne dispersion de la substance active dans le mélange.

Il faut souligner que l'étiquetage des spécialités commerciales ne renseigne que sur le nom ou la famille de la substance active contenue dans la préparation. Une spécialité commerciale peut donc s'avérer plus dangereuse que la substance active elle-même, notamment car les additifs peuvent améliorer l'absorption cutanée de la substance active. [11] Cependant, étant donné le manque de données concernant les adjuvants, nous nous intéresserons par la suite uniquement aux substances actives.

La dégradation de la substance active peut être plus ou moins rapide et plus ou moins totale. Dans certains cas, la substance active sera dégradée totalement et rapidement alors que dans d'autres cas la dégradation sera incomplète et aboutira à la formation de composés secondaires appelés métabolites. Ces produits de dégradation (comme l'isomalathion, contaminant le malathion), ainsi que les impuretés de fabrication (des dioxines par exemple) ou les isomères (l'alpha-HCH dans le cas du lindane) sont parfois beaucoup plus toxiques que la substance active elle-même, ou augmentent son potentiel toxique.

1.2.2 Les différentes formes d'application proposées dans le commerce

A) Les aérosols

Ce sont des insecticides à effet de choc par immobilisation, utilisés à la fois pour lutter contre les insectes volants et les insectes rampants. Ce sont des suspensions de particules solides ou liquides. On y trouve, associés à un gaz propulseur, un solvant et des additifs, et au moins deux principes actifs, l'un destiné à "assommer" l'insecte, l'autre à le tuer.

On distingue les bombes et les nébulisateurs.

- Les bombes sont des sprays qui agissent :
 - soit dans l'atmosphère en se fixant sur les insectes pendant le vol (taille des particules de 10 à 30µm) ;
 - soit sur les surfaces en se fixant sur la cuticule des insectes rampants (tailles des particules de 30 à 100µm - pulvérisation à 30cm de la surface) ;
 - soit sur les surfaces et dans l'atmosphère en combinant les deux modes d'action précédents (particules de 50 à 100µm).

- Les nébulisateurs à froid dispersent l'insecticide sous forme de gouttelettes d'aérosol de 5 à 30µm. Ces applications peuvent se faire :
 - soit à l'intérieur en fermant hermétiquement les pièces pendant un laps de temps allant d'une demi-heure à plusieurs heures selon les parasites et les matières actives employées (taille des particules de 2 à 15µm);
 - soit à l'extérieur.

- Les nébulisateurs à chaud vaporisent le produit dilué, ou micro-encapsulé, dans un solvant approprié à base d'huile, d'eau, de gazole ou de kérosène pour produire un brouillard qui flotte dans l'air (taille des particules 10 à 30µm). Cette pulvérisation peut se faire soit à l'intérieur (fermeture de toutes les ouvertures pendant au moins 4 heures puis aérer soigneusement ensuite) soit à l'extérieur. Dans les zones habitées, cette méthode a fait ses preuves pour combattre mouches et moustiques. Dans le cas de solutions d'insecticides micro-encapsulés, l'évaporation de l'eau permet une diffusion lente du produit et donc une grande rémanence.

B) Les appâts

Ils sont très efficaces grâce à leur effet attractif et peuvent être épanchés tels quels ou humidifiés. Ils sont souvent utilisés pour lutter contre les cafards

C) Les fumigènes

C'est une méthode rapide pour anéantir les parasites dans des endroits où ils ne seraient pas atteints par les aérosols ni par les pulvérisations. Du fait de leur petite taille (0.001 à 0.1µm), les particules pénètrent très bien partout.

D) Les diffuseurs

Il en existe trois types:

- Les diffuseurs électriques à recharge solide : c'est le type d'insecticides le plus souvent utilisé pour lutter contre les moustiques.
- Les diffuseurs électriques à recharge liquide
- Les diffuseurs permanents : on les appelle aussi plaquettes ou cassettes. Ces diffuseurs lâchent en continu dans l'atmosphère des molécules de substance active.

E) Autres

Les insecticides peuvent se présenter sous d'autres formes :

- Autocollants : ils s'appliquent sur une surface vitrée en général et empêchent les mouches d'entrer.
- Spirales : elles se posent sur le sol et se consomment après "allumage". Elles ont pour rôle de lutter principalement contre les moustiques.
- Poudres : elles sont appliquées par épandage et conviennent pour traiter les endroits secs, les installations électriques, les fissures, les joints, les vides et les gaines de tuyaux et câbles. L'application peut se faire à l'aide d'une poudreuse haute pression.
- Colliers et gouttes anti-puces pour les animaux domestiques.

Le Tableau 1 met en évidence les substances utilisées dans les formulations commerciales en fonction de la forme d'application. Il s'appuie sur un article du magazine 60 millions de consommateurs intitulé "Antiparasites, des poisons".

Tableau 1 : Substances actives présentes dans les insecticides à usage domestique en fonction de la forme d'application (les substances en gras correspondent aux substances les plus fréquemment rencontrées)

FORMES	CIBLES	FAMILLE	SUBSTANCES ACTIVES
Aérosol	Insectes volants et rampants	Pyréthroïdes	Tétraméthrine Perméthrine D-phénothrine Cyperméthrine Cyfluthrine
		Organophosphorés	Dichlorvos
		Carbamates	Propoxur
		Autres	Pyrèthre
Appâts	Cafards	Pyréthroïdes	Tétraméthrine Deltaméthrine D-phénothrine Cyperméthrine Imiprothrine Cyphénothrine
		Organophosphorés	Chlorpyrifos
Fumigènes	Insectes volants et rampants	Pyréthroïdes	Perméthrine Tétraméthrine D-phénothrine
		Organophosphorés	Dichlorvos
		Autres	Pyrèthre
Diffuseurs	Moustiques	Pyréthroïdes	Esbiothrine Pralléthrine Pyréthrine Transfluthrine D-alléthrine
		Organophosphorés	Dichlorvos
Autocollants	Mouches	Organophosphorés	Azaméthiphos
Spirales	Moustiques	Pyréthroïdes	Alléthrine
Colliers anti-parasitaires	Puces et tiques	Phénylpyrazolés	Fipronil
Gouttes anti-parasitaires	Puces et tiques	Organochlorés	Lindane

1.2.3 Mode d'action sur les insectes

Les insecticides présentent deux voies d'action :

- la voie externe : l'insecticide pénètre dans l'organisme de l'insecte au travers de sa cuticule après contact ;
- la voie interne : l'insecticide est soit ingéré par l'insecte et pénètre dans son organisme lors de la digestion, soit inhalé.

Les insecticides peuvent être rémanents, c'est à dire agir pendant une période de plusieurs jours à plusieurs mois, après leur application.

Les cibles des insecticides sont, selon les composés, le système nerveux, les cellules responsables de la biosynthèse de la chitine (qui constitue la cuticule), de la production d'énergie ou encore de l'hydratation des insectes. Les hormones qui contrôlent les mues et les médiateurs chimiques permettant la communication entre insectes ou entre les insectes et les plantes peuvent également être visés par les insecticides. [12] Une description des insectes est disponible en annexe II.

On trouve donc de nombreux modes d'action des substances :

- Les **pyréthrinoïdes** sont des perturbateurs endocriniens, agissant par contact et par ingestion. Ils bloquent la liaison entre une hormone et son récepteur ce qui entraîne la sidération* immédiate puis la mort de l'insecte indésirable. Des synergistes, comme le pipéronyl-butoxyde, augmentent leur activité insecticide.
- Les **organophosphorés** agissent par contact et par ingestion, parfois également par inhalation, sur une grande variété d'insectes et de vers. Certains ont une diffusion systémique* dans la plante ou l'animal.
- Les **organochlorés** attaquent le système nerveux de l'insecte, en inhibant la transmission de la cholinestérase, ce qui perturbe la transmission de l'influx nerveux.
- Les **carbamates** ont un large spectre d'action ; certains sont systémiques*. Ils agissent par contact et par ingestion, parfois également par inhalation, sur une grande variété d'insectes et de vers, par effet neurotoxique.
- Le **fipronil**, quant à lui, agit comme antagoniste non compétitif et réversible du récepteur GABA, en bloquant le canal chlore des cellules.

1.3 Réglementation

1.3.1 La directive 98/8/CE

La directive 98/8/CE instaure une procédure européenne d'inscription de substances actives sur des listes positives et un dispositif national d'autorisation de mise sur le marché des produits. Elle a pour objectif d'harmoniser la réglementation des Etats membres de l'Union Européenne, jusqu'alors très inégale, sur l'utilisation des produits biocides et de garantir l'unicité du marché.

Elle concerne quatre grands types de produits :

- les désinfectants et produits biocides généraux (hygiène humaine et vétérinaire...),
- les produits de protection (du bois, des textiles, du cuir...),
- les produits antiparasitaires (rodenticides, **insecticides ménagers**, répulsifs...),
- les autres produits biocides (fluides pour l'embaumement, antivermine...).

Selon cette réglementation, seuls les produits dont la ou les substances actives figurent sur des listes européennes peuvent être autorisés à la mise sur le marché. L'inscription des substances actives sur ces listes et les autorisations de mise sur le marché ne peuvent se faire qu'après le dépôt d'un dossier complet par l'industriel responsable de la mise sur le marché. L'évaluation des dossiers est confiée aux autorités compétentes de chaque Etat membre. Elle consiste en une véritable expertise scientifique dont l'objectif est d'évaluer les dangers, les risques et l'efficacité des biocides.

Toutefois, la procédure est différente selon que la substance active est nouvelle ou existante. Pour les substances nouvelles, i.e mises sur le marché après le 14 mai 2000, le nouveau produit ne peut être mis sur le marché que lorsque l'autorisation a été donnée par l'Etat membre et la substance active nouvelle inscrite sur la liste européenne. En ce qui concerne les substances existantes, i.e mises sur le marché avant le 14 mai 2000, un programme de réexamen systématique étalé sur une dizaine d'années est prévu pour les substances actives pour lesquelles les industriels souhaitent déposer un dossier. En France, 5 organismes seront impliqués dans l'évaluation : l'AFSSET, l'INERIS, l'INRS, l'AFSSA et l'AFSSAPS.

1.3.2 Le programme REACH

Un consensus européen a abouti à la mise en place d'une procédure REACH (Registration, Evaluation, Authorization of CHemicals). Celle-ci prend en compte la quasi-totalité des substances chimiques, en fait celles produites à plus d'une tonne/an dans l'UE, et à ce titre s'intéresse aux insecticides à usage domestique.

Le programme REACH se fixe 4 objectifs :

- la protection de l'environnement et de la santé des consommateurs et des travailleurs,
- l'harmonisation et la centralisation des procédures pour faciliter le marché intérieur,
- une information transparente basée sur la confiance,
- la responsabilisation du secteur industriel.

Il a pour objectif de réduire l'incidence des cancers, allergies, maladies respiratoires, maladies neurologiques, induites par l'exposition aux produits chimiques seuls ou en mélanges, en particulier s'ils présentent des propriétés cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction ...

Les entreprises qui fabriquent et importent des produits chimiques devront s'engager à évaluer les risques résultant de leur utilisation et à prendre des mesures nécessaires pour gérer tout risque identifié. REACH s'appuie ainsi beaucoup plus sur une évaluation des risques, visant à mieux caractériser l'exposition et donne plus d'importance aux méthodes de modélisation que la directive 98/8/CE.

1.3.3 La convention de Stockholm

La convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants est un accord international visant à interdire certains produits polluants. La convention a été signée le 22 mai 2001 dans la ville éponyme. Elle compte 130 membres. Elle institue un secrétariat permanent: celui-ci fut temporairement basé à Genève et définitivement attribué à cette ville le 6 mai 2005 par une décision consensuelle des États membres prise à Punta del Este en Uruguay. Le budget annuel de l'organisation est de 5 millions de francs suisses dont 2 millions de contribution suisse.

La convention proscrit l'usage de douze produits extrêmement dangereux et très polluants («*les douze salopards*»), dont trois organochlorés : l'aldrine, la dieldrine, l'endrine, ainsi que le chlordane, l'heptachlore, l'hexachlorobenzène, le mirex, le toxaphène, les Polychloro-biphényles (PCB). Elle restreint par ailleurs très fortement l'utilisation du DDT.

On voit donc qu'à l'heure actuelle il y a un manque de législation par rapport à la commercialisation et à l'utilisation des insecticides à usage domestique. D'autres pays sont déjà plus avancés en matière de réglementation. L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire du Canada a mis en place des directives concernant la création d'une banque de données toxicologiques sur les pesticides dès 1984. En 2005, une directive d'homologation des produits chimiques antiparasitaires est venue compléter ces textes. En Belgique, un arrêté royal relatif à la création d'un Fonds phytopharmaceutique a été pris le 17 décembre 1992. Ce fonds est alimenté par le secteur industriel concerné et est destiné à donner les moyens nécessaires au Comité d'agrément pour la réévaluation des dossiers toxicologiques

2 Identification des dangers et relations dose-effet

Comme nous l'avons vu dans la première partie, les substances actives présentes dans les insecticides sont réparties en plusieurs familles. Nous avons décidé de nous concentrer sur les substances les plus largement utilisées en milieu domestique, les organiques de synthèse, afin d'étudier leur toxicité.

2.1 Choix des substances

Lorsqu'on étudie les insecticides à usage domestique, il est très difficile de connaître précisément la composition du produit. En effet, les règles en matière d'étiquetage sont très récentes et très limitées ; la seule règle imposée aux fabricants est d'indiquer les principes actifs contenus dans leurs produits. De ce fait, certains se contentent de ne citer que la famille du produit au nom du "secret industriel". Il est donc parfois difficile de s'y retrouver au vu du nombre important de substances actives pouvant exister. Une étude exhaustive s'avérerait donc inappropriée.

Nous avons donc dans un premier temps fait le choix de nous intéresser plus précisément à certaines substances. Notre sélection s'est appuyée sur l'article du magazine 60 millions de consommateurs intitulé "*Antiparasites, des poisons*". Grâce à cet article, nous avons pu extraire les substances les plus utilisées dans les formulations commerciales et donc celles auxquelles la population est le plus exposée en terme de quantité. Ces substances ne sont pas forcément les plus toxiques (Cf. paragraphe suivant) mais elles sont connues des scientifiques et des professionnels pour les risques qu'elles génèrent sur la santé humaine. Nous avons essayé d'être représentatifs des 4 grandes familles que nous avons identifiées au préalable (cf partie 1.2.1.1) en choisissant pour chacune l'une des substances les plus utilisées et les plus médiatisées.

Finalement, 5 substances ont été retenues :

- le lindane pour les organochlorés,
- le dichlorvos pour les organophosphorés,
- le propoxur pour les carbamates,
- la tétraméthrine pour les pyréthriinoïdes,
- le fipronil (famille des pyrazoles).

Remarques

- Une étude des ventes d'insecticides à usage domestique aurait sans doute permis de réaliser un choix plus pertinent, mais il s'avère impossible de récupérer des données par substances par l'intermédiaire des fabricants. (Cf. Annexe I). Il faudrait effectuer un travail d'enquête poussé auprès des revendeurs (supermarchés, spécialistes, sites Internet...) pour connaître les quantités vendues par formulation commerciale puis ramener ces valeurs aux substances actives qui les composent.

- Cette étude n'est pas une évaluation des risques sanitaires. Cette démarche n'est en effet pas pertinente pour l'étude des insecticides à usage domestique dans l'état actuel des connaissances puisque l'intensité globale d'exposition ou l'appréciation quantitative des interactions entre substances sont difficiles voire impossibles à estimer. Une campagne préalable de mesures de concentrations d'insecticides dans l'air des maisons pourrait constituer un premier pas vers une évaluation de l'exposition des populations.
Nous avons donc tenté de décrire qualitativement certains dangers reconnus ou potentiels liés à l'utilisation des pesticides afin de prouver la nécessité d'adopter une attitude raisonnée quant à l'utilisation de ces produits.
- Il aurait été intéressant d'étudier en parallèle les effets toxiques reconnus de certains additifs présents dans les formulations commerciales (Cf. 1.2.1.B). Par ailleurs, les interactions entre ces substances et les insecticides ne sont pas encore bien connues.

2.2 Toxicologie

Nous allons maintenant exposer les données toxicologiques pour les familles retenues (substances organiques de synthèse) et plus précisément pour les 5 substances citées précédemment. L'organisation de ce sous-chapitre correspond à celle retenue habituellement dans la littérature.

2.2.1 Toxicocinétique

- Organochlorés

Les organochlorés étant très lipophiles, ils peuvent être absorbés chez l'animal et chez l'Homme par les différentes voies (orale, respiratoire et cutanée).

Ils s'accumulent dans les tissus riches en graisses (tissus adipeux*, foie, système nerveux central). Ils franchissent la barrière placentaire et peuvent être, par cette route, retrouvés chez le fœtus. Ils passent facilement dans le lait maternel et le nourrisson allaité peut y être exposé. La concentration d'organochlorés dans le sang semble être en équilibre avec la quantité stockée dans les autres tissus. La détermination de leur concentration plasmatique permet ainsi d'apprécier leur charge corporelle.

Le métabolisme varie beaucoup selon la substance et l'espèce. Nous pouvons tout de même citer les données concernant le lindane. Des études in vitro suggèrent que les enzymes hépatiques de l'homme transforment le lindane en pentachlorocyclohexène (un chlorophénol) puis de façon ultime en époxyde chloré stable.

Chez le rat, des chlorophénols sont également retrouvés comme métabolites du lindane. Les métabolites du lindane retrouvés chez l'homme et chez le rat étant similaires, cela indique une bonne cohérence inter-espèces. Ils sont lentement éliminés par les urines et les selles lorsque toute exposition cesse. [13]

- Organophosphorés

L'absorption cutanée n'est pas uniforme mais elle peut être très importante dans les zones les plus sensibles (visage, ventre). Les températures élevées et l'humidité relative favorisent cette absorption. L'absorption par inhalation est importante pour les aérosols d'organophosphorés et l'absorption orale non négligeable.

Une fois absorbés, les organophosphorés et leurs métabolites sont rapidement distribués dans tous les organes et les tissus, bien que les concentrations les plus importantes soient observées dans le foie et les reins. L'élimination par les urines et la bile est pratiquement totale (entre 24 et 48 heures après l'administration) sauf pour les composés les plus lipophiles qui peuvent être stockés en petite proportion dans les tissus gras et le tissu nerveux, d'où une possible libération à posteriori. Les métabolites apparaissent rapidement après absorption du fait de l'action d'enzymes hépatiques. Ce sont des phénols phosphorés. [14]

- Carbamates

L'absorption des carbamates est importante et rapide quelle que soit la voie d'exposition. Leur métabolisme est complexe et fournit des composés plus polaires et plus hydrosolubles dont l'élimination (urinaire en majorité) est rapide, quasiment complète en 2 à 3 jours après absorption orale. [15]

- Pyréthriinoïdes

En théorie, le caractère liposoluble des pyréthriinoïdes autorise leur passage transcutané. Mais une controverse existe au sein du monde scientifique quant à cette absorption. L'absorption par voie respiratoire est faible, car les pyréthriinoïdes sont très peu volatils. L'absorption orale des pyréthriinoïdes est limitée, les composés étant hydrolysés par des enzymes du tube digestif. Ces substances se répartissent de façon homogène dans l'organisme du fait de leur lipophilie* et de leur neutralité acido-basique. Elles se concentrent d'abord dans le foie puis dans les tissus adipeux, le cœur et la rate.

Dans le plasma sanguin et dans le sang des mammifères, les pyréthriinoïdes subissent des hydrolyses et des oxydations rapides et intenses. Ces biotransformations expliquent leur faible toxicité pour les mammifères.

Du fait de leur lipophilie et de leur forte densité, ces substances sont principalement éliminées par les selles. Mais l'élimination peut être contrecarrée par la présence d'organophosphorés dans l'organisme. [15]

- Fipronil (Pyrazol)

Le fipronil est bien absorbé par voie orale alors que sa biodisponibilité* est faible par la voie cutanée. Les résidus d'une exposition par voie orale s'accumulent dans les tissus adipeux mais se retrouvent également dans les surrénales*, la thyroïde et les ovaires. Il n'existe pas d'études démontrant clairement que le fipronil n'est pas bioaccumulable suite à des expositions répétées.

Le fipronil est efficacement métabolisé au niveau du foie, majoritairement en sulfone. La majorité des métabolites sont éliminés par la bile et dans une moindre mesure par l'urine. [16]

Le Tableau 2 présente la toxicocinétique des familles étudiées en indiquant les voies d'absorption privilégiées et les organes de stockage. Il met en évidence que ces substances organiques de synthèse, plus ou moins bien absorbées par le corps, se stockent dans les tissus et organes riches en lipides principalement. Le foie et le sang les hydrolysent en métabolites (pouvant présenter des effets toxiques). L'élimination est principalement urinaire mais aussi biliaire et fécale.

Tableau 2 : Toxicocinétique des substances retenues.

Famille n° CAS (substance)	Voies d'absorption	Organes de stockages	Métabolisme	Elimination
Organochlorés (Lindane)	Orale Respiratoire Cutanée	Foie, SNC (Fœtus, lait maternel)	Par les cellules hépatiques → Chlorophénols	Lente → Urines, selles
Organophosphorés (Dichlorvos)	Orale Respiratoire Cutanée	Foie, Reins, Tissus adipeux, SNC	Par les cellules hépatiques → phénols phosphorés	Rapide (la majorité) → Urines, bile
Carbamates (Propoxur)	Orale Respiratoire Cutanée		Composés polaires hydrosolubles	Rapide (la majorité) → Urines
Pyréthroïdes (Tetraméthrine)	Orale (Respiratoire)	Foie, Tissus adipeux, cœur, rate	Dans le tube digestif, le plasma et le sang → Alcools et acides (Hydrolyses, oxydations)	Selles
Pyrazolés (Fipronil)	Orale	Tissus adipeux, surrénales, thyroïde, ovaires	Par les cellules hépatiques → Sulfones	Bile, Urine

2.2.2 Toxicodynamique

A) Toxicité expérimentale

Cette toxicité est évaluée en laboratoire sur des populations animales (principalement rats, souris mais aussi lapins, chiens, chats...). Elle permet d'avoir une idée sur le comportement des substances sur les organismes et d'entamer une éventuelle comparaison avec l'homme.

a) Toxicité aiguë expérimentale

Nous allons étudier pour chaque famille de substances organiques de synthèse la toxicité aiguë expérimentale. Les DL50 et CL50 varient énormément selon la substance, l'espèce animale, le sexe et les conditions environnementales. Nous citerons donc dans les paragraphes qui suivent des valeurs moyennes ou des intervalles.

- Organochlorés

L'effet toxique à fortes doses est une stimulation du système nerveux central (SNC) avec tremblements, convulsions puis coma. Sont également recensés, pour des expositions aiguës uniques ou répétées (jusqu'à 14 jours), des effets hépatiques ainsi que des effets sur le développement embryofœtal, pour des doses relativement fortes (de 15 mg/kg pour la dieldrine à 25-30 mg/kg pour le lindane et 125 mg/kg pour le chlordécone).

Le lindane est irritant pour la peau et les muqueuses oculaires et respiratoires. Pour le lindane, chez le rat, la DL50 orale varie de 88 à 125 mg/kg et la DL50 cutanée est comprise entre 900 et 1000 mg/kg. Chez la souris on observe des DL50 comprises entre 72 et 480 mg/kg en exposition orale. [13], [15] et [17]

- Organophosphorés

Les organophosphorés sont responsables d'une inhibition irréversible de l'acétylcholinestérase*. L'activité cholinestérasique de départ est récupérée en trois mois environ. Certains composés peuvent également favoriser l'apparition de neuropathies retardées (dus à une dégénérescence axonale et à une démyélinisation secondaire) après intoxication. Le parathion-éthyl, extrêmement dangereux, présente une DL50 orale de 3,6 à 13 mg/kg selon la formulation et l'espèce animale alors que le malathion, très utilisé dans la lutte contre les vecteurs de parasitoses, est très peu toxique, sa DL50 orale variant de 480 à 1150 mg/kg. [15]

Pour le dichlorvos, on observe des DL50 orales de 17-80 mg/kg pour le rat, 61-135 mg/kg pour la souris, 10-12,5 mg/kg chez lapin, 100 mg/kg pour le chien. [18] Une DL50 cutanée a été mesurée à 107 mg/kg chez le rat.

- Carbamates

Les carbamates inhibent aussi l'acétylcholinestérase, en quelques heures. Les symptômes régressent en 24 heures la plupart du temps. L'enzyme n'est pas détruite comme avec les organophosphorés. Cependant, l'intoxication massive avec coma, défaillance respiratoire entraînant la mort ou des séquelles de type neuropathie retardée sont observées, notamment avec l'aldicarbe ou le carbofuran.

La toxicité aiguë des carbamates varie selon la substance : l'aldicarbe est extrêmement toxique avec une DL50 orale de 1 mg/kg, alors que le carbaryl présente une DL50 de 850 mg/kg et le fénoxycarbe une DL50 de 10 g/kg (très peu toxiques). [15]

Le propoxur présente une DL50 orale de 100 mg/kg et une DL50 cutanée de 800 mg/kg pour le rat.

- Pyréthriinoïdes

Ils sont peu toxiques pour les mammifères, notamment grâce à leur rapide inactivation par hydrolyse en acides et alcools. Les effets systémiques diffèrent globalement selon le type de pyréthriinoïdes, qui ont été classés historiquement selon leur structure chimique en deux types. Ceux de type I provoquent un syndrome dit « T », caractérisé par des tremblements, des convulsions et une hyperexcitation, ceux de type II provoquent un syndrome dit « CS », caractérisé par une choréoathétose* et une hypersalivation. Cependant, certains composés peuvent provoquer une symptomatologie mixte, ce qui démontre les limites de cette classification en deux groupes. En fait, les pyréthriinoïdes sont des perturbateurs endocriniens*. Les DL50 orales varient de 50 mg/kg (deltaméthrine) à plus de 8000 mg/kg (bioresméthrine). [15]

La tétraméthrine présente une DL50 orale de 4640 mg/kg et une CL50 de 2,5 mg/l pour le rat.

Les vétérinaires et les centres antipoison vétérinaires ont remarqué de nombreuses intoxications aux Pyréthriinoïdes chez les chats.

- Fipronil (Pyrazol)

L'intoxication, due à une inhibition du récepteur GABA, conduit à des troubles de la marche, une léthargie, puis des tremblements et des convulsions. Un état de coma peut s'installer.

De nombreux essais de toxicité aiguë ont été réalisés chez le rat, la souris, le lapin et le cobaye pour le fipronil ainsi que pour certaines présentations commerciales (appâts...) et certains de ses métabolites.

La DL50 orale moyenne du fipronil, pour le rat, est de 97 mg/kg, Elle augmente pour les préparations commerciales (entre 117 et 290 mg/kg) et la plupart des métabolites (de 83 à 467mg/kg).

Des essais de toxicité aiguë par voie respiratoire chez le rat ont permis de calculer une CL50 de 0,39 mg/l pour le fipronil. Celles des présentations commerciales étudiées sont très proches (entre 0,26 mg/l et 0,63 mg/l).

Des essais de toxicité cutanée ont montré qu'une dose de 2 g/kg n'entraînait aucune toxicité pour le rat, alors que chez le lapin, la toxicité cutanée du fipronil s'observe pour une DL50 de 354 mg/kg. Pour cette substance, de nombreuses intoxications chez les chats et les chiens ont été relevées par les centres de pharmacovigilance et les vétérinaires (même lors d'utilisations en conditions normales). [16]

Le Tableau 3 présente, pour chacune des substances retenues, les symptômes d'intoxication aiguë, ainsi que les DL50 et CL 50 retrouvées dans la littérature. L'explication de la classification OMS se trouve en annexe III.

Tableau 3 : Récapitulatif de la toxicité aiguë expérimentale de nos 5 substances.

Substance n° CAS (famille)	Symptômes / Effets toxiques	DL50 orale minimum (mg/kg)	DL50 cutanée minimum (mg/kg)	CL50 minimum (mg/l)	Classe OMS
Lindane 58-89-9 (Organochlorés)	Troubles SNC, hépatiques, embryofoetaux, immunologiques et rénaux Irritations (peau, muqueuses)	88 (rat) 72 (souris)	900 (rat)	NR	II
Dichlorvos 62-73-7 (Organophosphorés)	Inhibition de l'acétylcholinestérase Neuropathies	10 (lapin) 17 (rat) 100 (chien)	107 (rat)	NR	Ib
Propoxur 114-26-1 (Carbamates)	Inhibition de l'acétylcholinestérase Neuropathies	100 (rat)	800 (rat)	NR	II
Tetraméthrine 7696-12-0 (Pyréthrinoïdes)	Troubles SNC, Hyperexcitation Choréoathétose, Hypersalivation	4640 (rat)	NR	2,5 (rat)	Sans risque prévisible
Fipronil 120068-37-3 (Pyrazolés)	Troubles de la marche, léthargies Troubles SNC	97 (rat)	2 (rat) 354 (lapin)	0,39 (rat)	II

Troubles SNC = tremblements, convulsions, coma.

NR= Non renseignée.

b) Toxicité subchronique et chronique expérimentale

Les différentes familles d'insecticides étudiées ont été testées sur des animaux pour déterminer les effets qu'ils induisent lors d'une exposition chronique.

- Organochlorés

Lors d'une exposition chronique aux organochlorés, les principaux effets rencontrés sont hématologiques, rénaux, immunologiques ainsi que des lésions hépatiques et des troubles de la reproduction.

Le système nerveux central est une des cibles de la toxicité du lindane. Les effets rapportés aux plus faibles doses chez l'animal sont des convulsions, pour des expositions orales chroniques et subchroniques. Les LOAEL orales les plus basses rapportées dans la littérature sont de l'ordre de 10 mg/kg/j.

Les effets rénaux (inflammation et augmentation du poids du rein) du lindane chez le rat ont été mis en évidence pour des LOAEL orales de 2 à 20 mg/kg/j. Des LOAEL orales de 22 à 25 mg/kg/j ont été observées chez le rat, pour une diminution de certains paramètres hématologiques (concentration en hémoglobine et nombre de leucocytes*, érythrocytes), pour une exposition de 1 mois.

La réponse immunologique (production d'anticorps) semble être diminuée chez plusieurs espèces animales (rat, souris, lapin) après une exposition subchronique au lindane. Les effets apparaissent pour des doses plus faibles et une LOAEL de 0,012 mg/kg/j a été identifiée.

Le lindane est cancérigène par voie orale chez la souris. Les tumeurs les plus souvent rapportées concernent le foie. Toutefois, des tumeurs pulmonaires ont également été mises en évidence dans une étude. Les quantités de toxique varient de 13 à 34 mg/kg/j chez la souris et de 50 mg/kg/j chez le rat (exposition de 18 à 26 mois). Certains auteurs estiment que les métabolites du lindane sont en partie responsables de l'activité cancérigène.

Les tests de mutagenèse sont généralement contradictoires et aucun effet tératogène n'a été mis en évidence. D'une manière générale, les mécanismes d'action conduisant à la toxicité des organochlorés ne sont pas tous élucidés.

- Organophosphorés

Les organophosphorés sont à l'origine de troubles neurologiques. Certains composés ont une toxicité testiculaire. Certaines études portant sur l'animal montrent que l'exposition à certains organophosphorés pendant la gestation et en période post-natale affecte le développement neurologique et est responsable d'une diminution du poids de naissance ainsi que d'une altération de la croissance. Mais ils ne sont pas reconnus comme mutagènes. Les études de cancérogenèse animale sont négatives, sauf pour le dichlorvos qui a provoqué l'apparition de cancers (adénome pancréatique, leucémie et cancer de l'estomac) chez l'animal. [15]

Le dichlorvos présente une LOAEL orale pour des effets neurologiques de 2,5 mg/kg/j pour le rat, 10 mg/kg/j pour souris et 3,2 mg/kg/j pour le chien lors d'une exposition de 2 ans par la nourriture.

La NOAEL par inhalation est de 0,05 mg/m³/j pour une exposition de 2 ans.

Des cancers apparaissent pour une exposition de 20-40 mg/kg/j, 5 jours/semaine durant 103 semaines chez la souris (cancer de l'estomac). Chez le rat, des cancers du pancréas, des leucémies et des fibroses mammaires apparaissent pour une exposition de 4-8 mg/kg/j, 5 jours/semaine pendant 103 semaines. [18]

- Carbamates

Les études de cancérogenèse et de tératogenèse chez l'animal sont négatives. [15]

- Pyréthriinoïdes

Les pyréthriinoïdes sont très peu tératogènes et mutagènes. [15]

Aucune valeur de LOAEL/NOAEL n'a été trouvée pour le propoxur et la tétraméthrine.

- Fipronil (Pyrazol)

Pour de nombreux animaux (rats, chiens, souris), l'exposition orale à moyen terme et long terme au fipronil et à certains de ses métabolites est responsable :

- de diminutions de la consommation d'aliments, du poids corporel ou de gain de poids corporel ;
- d'augmentations de la masse du foie avec dégénérescence des hépatocytes, de la masse de la thyroïde (pour le rat seulement), de certains paramètres sanguins hématologiques et biochimiques ;
- d'effets neurotoxiques : agressivité, hypersalivation, convulsions, tremblements et irritabilité.

Les effets neurotoxiques sont observés après administration orale de fipronil selon les doses suivantes :

- LOAEL de 10 mg/kg/j dans une étude de 90 jours sur le chien ;
- NOAEL de 0,2 mg/kg/j et LOAEL de 1 mg/kg/j pour une étude de 1 an sur le chien ;
- NOAEL de 0,07 mg/kg/j pour le rat pour l'étude de 90 jours ;
- NOAEL comprise entre 0,019 et 0,025 mg/kg/j chez le rat pour une étude de 2 ans.

Les mêmes effets sont observés chez le rat et la souris, pour des doses de métabolites administrées inférieures à celles du fipronil (LOAEL de 1 mg/kg/j et NOAEL entre 0,025 et 0,032 mg/kg/j dans des études de 28 jours et 90 jours).

Les études de tératogenèse et de mutagenèse sont négatives ; cependant, des tumeurs d'origine non mutagène sont observées à forte dose. [15] et [16]

Le tableau 4 récapitule les effets toxiques des substances étudiées, ainsi que les LOAEL et NOAEL.

Tableau 4 : Toxicité expérimentale chronique et subchronique.

Substance (famille)	Symptômes / Effets toxiques	NOAEL/LOAEL orales minimum (mg/kg/j)	NOAEL/LOAEL respiratoires minimum (mg/m ³ /j)
Lindane (Organochlorés)	Troubles SNC Inflammation du rein Diminution hématologique et immunologique Cancer du foie	SNC : 10 (rat) Rein : 2 (rat, 1 mois) Hématologie : 22 (rat, 1 mois) Immuno. : 0,012	NR
Dichlorvos (Organophosphorés)	Troubles SNC Cancers (estomac, pancréas, leucémies)	SNC : 2,5 (rat, 2 ans) 10 (souris, 2 ans) 3,2 (chien, 2 ans)	SNC : 0,05
Fipronil	Troubles SNC Diminution du poids Dégénérescence (foie, thyroïde, hématologie)	SNC : 10 (chien, 90 jours) 1 (chien, 1 an) 0,07 (rat, 90 jours) 0,019 (rat, 2 ans)	NR

Troubles SNC = tremblements, convulsions, coma.

NR= Non renseignée.

B) Toxicité chez l'Homme

La majorité des intoxications aiguës et subaiguës aux insecticides ont lieu en milieu professionnel (particulièrement en agriculture et en jardinage professionnel) et ont fait l'objet d'une importante littérature scientifique (cf. LAUWERYS 1992 et HAYES 1994 in [15]).

Malgré tout, ces intoxications aiguës, quoique rares, ne sont pas exclues du milieu domestique. Elles peuvent résulter de manœuvres accidentelles ou d'une utilisation imprudente des insecticides et les enfants en sont souvent les premières victimes. Nous allons donc les développer ici.

Nous étudierons également les toxicités chroniques et subchroniques (cancérogénicité, immunotoxicité et perturbations du système endocrinien), correspondant à une exposition prolongée à de faibles doses. De plus, la fréquence de certaines affections qui en découlent (ex : LNH) semble augmenter dans la population générale depuis trente ans.

a) Toxicité aiguë chez l'Homme

Seuls les centres antipoison et de toxicovigilance (CAP-TV) disposent de statistiques. Nous avons contacté les principaux CAP-TV français afin de connaître les pourcentages d'appel concernant les insecticides, les symptômes d'intoxication, la gravité de ces symptômes, etc. En France, les appels pour empoisonnement par pesticides (et engrais), qui émanent de professionnels et de particuliers, représentent environ 4 % du total des appels (cf. annexe IV). Ce pourcentage est constant depuis des années et similaire à celui des pays voisins. Par ailleurs, il est évident que les statistiques des CAP-TV ne correspondent pas à un recensement exhaustif. De plus, les particuliers et leurs médecins ne font pas nécessairement le lien entre certains malaises et l'usage d'un insecticide.

De plus, les symptômes d'intoxication aiguë aux insecticides à usage domestique ne sont pas spécifiques. On retrouve parfois les mêmes symptômes que pour une intoxication à un autre produit ménager. Le Tableau 5 reprend les différents signes rapportés en cas d'intoxication aux insecticides. Des données plus précises concernant les intoxications aiguës par famille sont disponibles en annexe V.

Tableau 5 : Signes et symptômes rapportés dans certains cas d'intoxication aux insecticides

Signes et symptômes les plus fréquents lors d'une intoxication aux insecticides		Signes et symptômes lors d'une intoxication modérée à sévère aux insecticides	
– Maux de tête	– Fatigue	– Crampes abdominales	– Difficulté d'attention
– Nausées	– Perte d'appétit	– Diarrhée	– Troubles de vision
– Vomissements	– Irritation cutanée ou	– Nervosité	– Difficultés respiratoires
– Etourdissements	oculaire	– Transpiration excessive	– Convulsions et coma

b) Toxicité chronique chez l'Homme

• Organochlorés

Les principaux effets reportés chez l'homme dans le cas d'expositions à long terme (quelques mois à toute la vie) aux organochlorés sont essentiellement des effets hépatiques et des effets endocriniens. La question d'une éventuelle altération des fonctions endocriniennes par les molécules organochlorées est actuellement soulevée. Le chlordécone, le lindane ou la dieldrine, sont impliqués dans des perturbations de l'équilibre hormonal chez l'homme ou chez la femme [Cocco 2002].

Des effets cancérigènes sont fortement suspectés et investigués aujourd'hui par la communauté scientifique, en particulier, les lymphomes non hodgkiniens (LNH), les leucémies, les sarcomes des tissus mous, les cancers du pancréas, du poumon, du sein. Le lindane, comme facteur de risque des LNH [Blair *et al.* 1998], des cancers de la prostate et des cancers du sein, est particulièrement étudié mais les résultats sont toujours équivoques du fait de nombreux facteurs de confusion (exposition à des cocktails) [ATSDR, 1999]. Ces études ne permettent généralement pas de conclure sur l'incrimination de telle ou telle molécule organochlorée ni sur la réalité d'une relation causale entre l'exposition aux organochlorés et certains cancers hormonodépendants [Daston *et al.* 1997 ; Cocco, 2002 ; Calle *et al.* 2002]. [15] et [13]

• Organophosphorés

Chez l'homme, les effets à long terme d'une exposition chronique chez les professionnels sont discutés : certains auteurs ont décrit un syndrome neuropsychique alliant troubles de l'humeur, céphalées, asthénie et baisse de la libido avec des anomalies de l'électroencéphalogramme et de l'électromyogramme, d'autres études n'ont pas retrouvé d'effets significatifs. Certaines mettent également en évidence une diminution de la vitesse de conduction au niveau des nerfs moteurs et sensitifs, ainsi qu'une diminution des seuils de sensibilité thermique et vibratoire, combinés à une baisse des capacités de mémorisation, d'abstraction et d'attention. Des liens ont été établis entre une exposition chronique aux organophosphorés et l'apparition de LNH et de leucémies [BLAIR and ZAHM, 1995; HARDELL et al 1994]. [15] et [7].

- Carbamates

Chez l'homme, les effets cancérigènes d'une exposition des agriculteurs à certains carbamates sont suspectés, notamment dans le cas des LNH. [15]

- Pyréthroïdes

Les produits évalués par le CIRC ont été classés dans le groupe 3 (cancérogénicité non évaluable) ; les pyrétroïdes sont très peu tératogènes et mutagènes. Aucun effet chronique n'a été décelé chez l'Homme à l'heure actuelle. [15]

- Fipronil (Pyrazol)

Les données disponibles proviennent encore des 458 cas d'intoxication relevés par les centres antipoison et de toxicovigilance français, entre 1994 et 2005. Les intoxications chroniques concernent majoritairement des professionnels mais aussi des particuliers dont l'habitat ou l'animal ont été traités par des produits à base de fipronil. Les symptômes décrits sont des réactions allergiques, des forts taux de fipronil dans le sang, des neuropathies, des douleurs musculaires, gastriques, des urticaires généralisés, des prurits. Le fipronil est classé "cancérigène humain possible avec mis en évidence limitée sur animal" par l'US EPA (classe C). [16].

Le Tableau 6 reprend le classement des différentes substances en fonction de leur cancérogénicité. La classification USEPA et IARC est expliquée en annexe III.

Tableau 6 : Classement de la cancérogénicité.

	Cancérogénicité	
	US EPA	IARC
Dichlorvos	Cq	2B
Fipronil	C	NE
Lindane	NE	2B
Tétraméthrine	C	3
Propoxur	B2	NE

NE : non étudiée.

2.2.3 Etudes épidémiologiques et limites des institutions

En avril 1997, le "Bremer Institut für Präventionforschung und Sozialmedizin" (BIPS) et le Centre consultatif de Biochimie/Toxicologie de l'Université de Oldenburg ont effectué une étude élargie sur l'utilisation de biocides dans les logements (insecticides, produits anti-puces, produits de protection du bois), l'exposition des occupants et la corrélation éventuelle entre ces facteurs et l'augmentation du risque de leucémie. (HOSTRUP, WITTE et al, 1997). Les auteurs annoncent **"qu'ils sont en mesure de confirmer leurs résultats initiaux exploratoires (publiés dans une étude précédente) relatifs à un risque augmenté de leucémie suite à une utilisation domestique de pesticides"**.

Le problème fondamental est de savoir si le particulier qui utilise des produits conditionnés à des concentrations inférieures à celles présentes dans les produits

phytosanitaires réservés aux agriculteurs court également des risques, de même que la population générale, exposée à la contamination de la chaîne alimentaire.

La réponse est sans équivoque. En effet, les types de cancers pour lesquels un lien très étroit avec l'utilisation de pesticides a pu être mis en évidence par des études épidémiologiques auprès des agriculteurs sont précisément les mêmes types de cancer que ceux qui sont en forte augmentation dans la population générale : sarcomes des tissus mous, LNH (PLUYGERS 1997). Aux USA, les cas de LNH ont augmenté de 50% en 20 ans.

De nombreuses études en laboratoire ont aussi montré qu'il existait un risque immunotoxique lors de l'utilisation de pesticides (REPETTO et BALIGA 1996). Ces données, animales, semblent extrapolables à l'Homme du fait de la forte similitude des mammifères quant aux mécanismes immunitaires, cellulaires et humoraux (FOURNIER, 1995a et 1995b ; NRC, 1992). Des études épidémiologiques de l'ex-URSS suggèrent un lien entre l'exposition aux pesticides et la diminution de la résistance aux maladies (BAKHRITDINOV 1991 ; ESHANOV, 1993). Une trentaine de pesticides se sont avérés positifs pour divers tests mettant en évidence des perturbations du système endocrinien (COLBORN et al., 1996).

Malheureusement, les études pratiquées lors de la mise sur le marché de nouvelles substances tiennent rarement compte de ces découvertes scientifiques.

2.2.4 Choix de la VTR

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) servent à évaluer les risques lors de l'exposition à des produits. Nous ne ferons pas d'évaluation des risques dans notre étude mais il est intéressant de lister les données disponibles pour des études futures. Nous nous sommes restreint aux 5 substances étudiées précédemment.

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a listé 3 de ces substances (dichlorvos, lindane, Propoxur) dans une hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments. [19].

Les Tableau 7 et 8 résument les différentes VTR disponibles pour les effets cancérigènes et non cancérigènes. [20]

Tableau 7 : VTR disponibles pour les effets non cancérigènes.

Substance	VTR pour les effets non cancérigènes					
	US EPA		OMS		ATSDR	
	Orale (mg/kg/j)	Respiratoire (mg/m ³)	Orale (mg/kg/j)	Respiratoire (mg/m ³)	Orale (mg/kg/j)	Respiratoire (mg/m ³)
Lindane	3.10 ⁻⁴ (1986)	1,4.10 ⁻⁴ (2000)	0-1.10 ⁻³	NE	1.10 ⁻⁵ (2003)	1,4.10 ⁻⁴ (2003)
Dichlorvos	5.10 ⁻⁴ (1993)	5.10 ⁻⁴ (1994)	NE	NE	5.10 ⁻⁴ (1997)	5,4.10 ⁻⁴ (1997)
Propoxur	4.10 ⁻³ (1987)	NE	NE	NE	NE	NE
Fipronil	NE	NE	3.10 ⁻³	NE	NE	NE

NE : non étudiée.

Tableau 8 : VTR disponibles pour les effets cancérogènes.

Substance	VTR pour les effets cancérogènes			
	US EPA		OMS	ATSDR
	Orale (mg/kg/j)	Respiratoire (mg/m ³)		
Lindane	3. 10 ⁻⁴	NE	NE	NE
Dichlorvos	3. 10 ⁻⁵ (1989)			
Propoxur	NE			
Fipronil				

NE : non étudiée.

Nous voyons à travers ces tableaux que les VTR n'ont pas toujours été définies par les organismes d'étude pour ces produits. La tétraméthrine n'a d'ailleurs été étudiée par aucun de ces organismes. Il est donc nécessaire de lancer de nouvelles études toxicologiques pour les substances pas ou peu étudiées, notamment pour celles dont on suspecte la toxicité suite à des études épidémiologiques.

Malgré le manque de données toxicologiques, nous allons nous intéresser à l'exposition de la population dans l'habitat.

3 Evaluation des expositions

3.1 Milieux contaminés

Nos maisons ne sont pas des abris étanches contre les pesticides. Pire encore, de nombreux pesticides se dégradent moins vite à la maison que dans l'environnement extérieur car ils y sont protégés de la lumière solaire, des températures extrêmes et de la plupart des microbes susceptibles de les dégrader. Vaporisés ou relâchés de façon continue au départ de diffuseurs électriques, de plaquettes, de bombes aérosols ou de sprays, de colliers antiparasites pour chiens et chats, de boiseries traitées, ils imprègnent tapis, tentures, mobilier, jouets, ... et se retrouvent dans l'air des maisons. L'étude NOPES (Nonoccupational Pesticide Exposure Study) de l'EPA a effectivement retrouvé 26 pesticides différents lors de mesures effectuées à l'intérieur. Sur les 26 pesticides détectés, 19 étaient des neurotoxiques, 18 étaient cancérigènes, 15 mutagènes, 15 avaient des effets sur le développement, et 19 avaient des effets sur le système reproducteur. Ceci est particulièrement problématique pour les personnes souffrant de polysensibilité chimique. [21].

Par ailleurs, les insecticides peuvent également se déposer sur les surfaces comme les tapis, les moquettes, les rideaux, les plans de travail, les jouets des enfants. [22]

On les retrouve aussi dans les poussières. Une enquête allemande a ainsi mis en évidence que plus de 80% des poussières collectées dans les logements de l'échantillon d'étude contenaient des insecticides. [23] Il a été également prouvé que la poussière à l'intérieur des maisons récupère les résidus d'insecticides. Ces résidus peuvent provenir d'insecticides utilisés des années auparavant et qui persistent dans les moquettes. Il faut savoir qu'une partie des insecticides mesurés dans les poussières proviennent de l'extérieur. Les poussières constituent une source d'exposition privilégiée, notamment pour les enfants. [24]

De plus, dans l'habitat, les insecticides ont tendance à se concentrer à proximité du sol. Ainsi, une étude a mesuré des concentrations 4 fois plus élevées de chlorpyrifos à 12-25 cm de hauteur du sol, qu'à 60 cm, dans une pièce aérée (fenêtre ouverte). [25] Ceci indique que l'air est moins bien renouvelé à proximité du sol. Les enfants sont donc susceptibles de respirer une concentration plus importante en insecticides qu'un adulte.

3.2 Voies d'exposition aux insecticides

Les risques d'exposition aux insecticides à l'intérieur de l'habitat sont multiples et plusieurs facteurs peuvent en être responsables. Les intoxications aiguës sont généralement dues à une mauvaise manipulation ou à un non respect des consignes d'utilisation, notamment en terme de quantité de produit utilisé et de ventilation.

Tous les insecticides sont potentiellement dangereux pour l'homme. Le caractère toxique des insecticides est fonction du type de molécule, de la dose, mais également des adjuvants, solvants ou diluants compris dans la formulation du produit. Cependant, le principal facteur de toxicité pour l'homme dépend du mode de pénétration dans l'organisme. En effet, il ne faut pas nécessairement respirer les insecticides pour être exposé de manière significative. Dans les faits, l'exposition peut se faire par les voies cutanée, respiratoire et orale.

3.2.1 Voie cutanée

La peau est protégée par une barrière, la couche cornée, qui la rend relativement imperméable aux substances chimiques. Certains toxiques peuvent néanmoins emprunter cette voie, surtout s'ils sont solubles dans les graisses (liposolubles) dont l'épiderme et le derme sont riches. La pénétration des produits à travers la peau est donc accélérée avec les formulations huileuses ou additionnées de solvants, ce qui est le cas des insecticides. Ils peuvent notamment être absorbés plus facilement par certaines régions corporelles comme le cuir chevelu, le front, les yeux, et les organes génitaux.

Bien que les propriétés physico-chimiques du produit (qui dépendent de sa formulation) puissent être des facteurs qui influencent de façon importante le degré d'exposition cutanée, d'autres facteurs externes peuvent également avoir un impact considérable sur le risque induit par une telle exposition. Ainsi, les plaies cutanées sont autant de passages facilités pour la pénétration d'insecticides dans l'organisme.

Voici quelques exemples de scénarii d'exposition par la voie cutanée pouvant conduire à une intoxication :

- Incidents survenant lors de l'utilisation des produits (ex : renversement de produit sur les vêtements),
- Contact avec des animaux traités avec des antiparasitaires (colliers anti-puces par exemple),
- Projections oculaires accidentelles lors de l'application d'un spray ou d'un aérosol,
- Retombées de produit sur le corps après pulvérisation en grande quantité,
- Eclaboussure de produit sur la peau.
-

3.2.2 Voie respiratoire

L'exposition par les voies respiratoires constitue la voie d'intoxication la plus directe. C'est également la voie la plus redoutable car les produits sont acheminés rapidement au sang par l'intermédiaire de l'air pulmonaire. L'adsorption est d'ailleurs d'autant plus rapide que le gaz est soluble dans le sang.

L'inhalation constitue souvent la principale voie d'entrée dans l'organisme pour les insecticides très volatils.

Lors d'une inhalation, les insecticides pénètrent dans les poumons, tant par les poussières émises par les formulations solides, que par les gouttelettes, brouillards et vapeurs émis lors des aspersion (les poussières et les gouttelettes véhiculant la substance active dans l'air). Les produits peuvent parfois aussi adhérer à la fumée de cigarette.

L'exposition aux insecticides par la voie respiratoire dépend des caractéristiques d'inhalation. Celles-ci sont par exemple dépendantes de la taille des gouttelettes émises. En effet, les particules atmosphériques sont adsorbées en fonction de leur dimension. Les plus grosses sont rapidement éliminées alors que les plus petites sont aspirées et adsorbées dans les voies lymphatiques ou le sang. 75% des particules inhalées sont adsorbées, dont 50% se déposent dans les zones supérieures et 25% dans les zones profondes des voies respiratoires. [26] Certains facteurs individuels peuvent également influencer l'inhalation, comme par exemple la capacité pulmonaire de chaque personne. D'autres éléments peuvent contribuer à l'augmentation du risque d'intoxication par inhalation : l'utilisation dans un espace clos et mal ventilé (ex : WC), l'application du produit en hauteur (à hauteur d'homme)...

On peut facilement inhaler :

- les fumées des fumigènes placés à terre ou sur des tables ;
- les vapeurs issues des nébulisateurs à chaud qui produisent un brouillard qui flotte dans l'air ;
- les vapeurs issues des nébulisateurs à froid : l'insecticide est alors atomisé sous forme de gouttelettes d'aérosol de 5 à 30 µm qui restent un moment en suspension dans l'air ambiant ;
- des solutions d'insecticides micro-encapsulés. Dans ce cas l'évaporation de l'eau permet une diffusion lente du produit inhalable dans l'air des habitations ;
- les pulvérisations d'insecticides rémanents, dont les substances actives se retrouvent dans l'atmosphère longtemps après surtout si on agite ou déplace les meubles ou surfaces imprégnées.

3.2.3 Voie orale

Les insecticides peuvent également être absorbés par voie orale. Les molécules sont adsorbées, selon leurs propriétés, par des organes différents. Au niveau du tube digestif, l'estomac et l'intestin sont les sites d'adsorption principaux. Les toxiques gagnent ensuite le foie par la circulation veineuse où ils s'accumulent.

Les insecticides peuvent se déposer sur un aliment (ou dans l'eau) qui est ensuite consommé. On peut toutefois considérer l'intoxication par voie alimentaire comme négligeable. Le plus probable reste le contact involontaire « main-bouche », notamment chez les enfants en raison de comportements qui leur sont propres (porter les objets et leurs doigts à la bouche). Les adultes peuvent également être soumis à une intoxication par voie orale lorsque la personne mange ou fume sans s'être lavée les mains après avoir manipulé des insecticides ou avoir été en contact avec des surfaces contaminées.

Cette voie d'intoxication reste exceptionnelle et souvent le fait d'une méprise (d'enfant notamment) lorsqu'un produit par exemple a été conditionné dans un flacon non prévu à cet usage. Elle est dangereuse parce qu'elle est insidieuse (intoxication à long terme par accumulation).

3.3 Variabilité de l'exposition

3.3.1 Variation de la durée d'exposition

On peut en première approximation considérer que l'on est exposé quotidiennement aux insecticides dans la mesure où ceux-ci sont persistants dans l'habitat. En effet, comme on l'a vu précédemment, certains insecticides sont retrouvés des années après leur utilisation. Ni le nettoyage, ni l'aspirateur ménager ne permettent d'en réduire significativement la concentration.

On peut toutefois noter que les saisons influencent la présence des insecticides dans l'air intérieur, et le niveau auquel on les retrouve. En effet, selon les saisons, l'utilisation d'insecticides et les habitudes de chauffage et de ventilation seront différentes.[27]

3.3.2 Variation des niveaux d'exposition

Certains facteurs influencent la concentration de polluants attribuables aux insecticides. Tout d'abord, il est évident que les concentrations vont varier en fonction de l'espace (distance par rapport à l'application de l'insecticide) et du temps (diminution au cours du temps de la concentration en polluant).

De plus, les concentrations vont dépendre du produit lui-même. La diffusion du polluant ne sera effectivement pas la même selon que l'on utilise un aérosol, un diffuseur électrique ou un appât. Chaque produit a sa durée de vie propre. Ainsi, un diffuseur électrique peut être branché pour la nuit, soit environ 8h, tandis que la pulvérisation d'un aérosol ne dure que quelques secondes. Cette notion de durée de vie est à rapprocher du comportement des personnes : certaines peuvent adopter un comportement à risque tel que la pulvérisation d'insecticide fenêtre fermée dans la chambre à coucher juste avant d'aller dormir. Les caractéristiques mêmes du logement vont aussi jouer un rôle, notamment la qualité de l'aération qui permet une réduction des polluants par un renouvellement de l'air ambiant.

Enfin, il peut exister d'autres sources d'émission des mêmes composés que ceux diffusés par les insecticides (insecticides provenant de l'extérieur, produits de traitement du bois...) ce qui rend difficile la caractérisation réelle de la concentration des substances émises par les insecticides à usage domestique.

3.3.3 Autres paramètres de variabilité

Comme on l'a déjà mentionné, il est difficile d'établir une évaluation de risque au regard du peu d'informations dont on dispose quant à la mesure de l'exposition et quant aux concentrations des substances dans l'air. En revanche, on peut déjà affiner des scénarios d'exposition en fonction de paramètres propres à l'environnement des personnes exposées.

En France, le type d'insectes ou de parasites locaux va dépendre de la région de résidence, de la proximité d'un plan d'eau, etc. Alors, on remarquera des différences dans les types de produits insecticides utilisés et dans leur fréquence d'utilisation. De même, entre un citadin et un rural, on peut noter des modes de vie antagonistes quant au comportement face aux insectes. Tandis que l'un vivra les portes et fenêtres grandes ouvertes permettant une bonne ventilation du milieu intérieur, l'autre s'enfermera dans une atmosphère chargée en particules de produits d'intérieurs, de parfums de désodorisant et autres fumées de tabac. Les personnes vivant en milieu rural ont sans

doute moins recours aux insecticides mais privilégient plutôt les répulsifs et autres techniques alternatives.

A l'intérieur même des villes on observe des inégalités face à la pression parasitaire ne serait-ce que par l'existence de logements insalubres plus fréquemment envahis par de nombreux indésirables. De même, dans les campagnes, on observe une différence entre les personnes vivant à la ferme et les autres. Les premiers auront plus tendance par leur activité professionnelle à faire usage de pesticides, (parfois les mêmes en agriculture qu'en intérieur!) et à être entourés davantage par des animaux qu'on peut soupçonner d'être vecteurs de parasites. Quelques publications font état de cette spécificité dans les fermes et annoncent que le risque de contracter des cancers du poumon, du sein, du pancréas, des sarcomes des tissus mous, des leucémies, des LNH...est plus élevé chez les résidents à la ferme, les ouvriers agricoles...(ZAHM et al.,1992; FINCHAM et al.,1992; CLAVEL,1996), (BLAIR and ZAHM, 1995; HARDELL et al 1994), (DONNA, 1984; KETTLES,1997).

On peut aussi faire des distinctions d'exposition aux pesticides suivant le moment de l'année. En été, il y a plus de désagréments causés par les mouches, abeilles, tiques...alors qu'en hiver ce sont plus les rampants que l'on retrouve à l'intérieur des habitations. De ce fait, les types d'insecticides utilisés ne sont pas les mêmes et les substances actives différent aussi. Mais il faut également alors tenir compte de la différence d'aération faite dans les habitations suivant s'il fait chaud ou non. Par ailleurs, ce type de considération n'est valable que si l'on s'intéresse à des intoxications aiguës car à long terme ce genre de variabilité a peu de poids sur le risque lié aux expositions chroniques aux insecticides.

3.4 Populations vulnérables

La population générale est vulnérable aux insecticides à usage domestique, mais à des degrés divers. On peut ainsi mettre en évidence certaines catégories de la population plus sensibles aux insecticides.

3.4.1 Femmes

L'organisme des femmes comporte davantage de tissus adipeux et est donc plus susceptible que l'organisme des hommes à l'accumulation de POPs (substances lipophiles). Certains chercheurs pensent ainsi que les POPs, susceptibles de perturber le système endocrinien, jouent un rôle important dans le développement du cancer du sein. [28] Il reste tout de même difficile, voire impossible, de lier directement le cancer du sein aux insecticides.

3.4.2 Enfants et fœtus

Les fœtus et les enfants dans les premières années de leur vie, sont particulièrement vulnérables. Ils sont extrêmement sensibles à certaines substances chimiques pouvant laisser des séquelles irrémédiables car les enfants sont en plein développement, tous leurs systèmes de croissance sont susceptibles d'être modifiés ou arrêtés par des substances chimiques actives comme les insecticides. La sensibilité spécifique des enfants et des fœtus sera développée plus loin dans notre exposé.

3.4.3 Personnes ayant des problèmes de santé

Ces personnes risquent d'avoir une capacité moindre à se défendre contre les agresseurs chimiques. Sont incluses les personnes âgées, les personnes présentant des difficultés respiratoires (asthmatique, allergique) ainsi que les personnes polysensibles chimiquement.

Par exemple, les gens atteints du syndrome de polysensibilité chimique peuvent souffrir de symptômes multiples dont : irritation des yeux, problèmes respiratoires, faiblesse musculaire, maux de tête, fatigue, asthme, allergies et infections chroniques. [29]. Les effets des pesticides sur ce groupe de la population sont encore mal connus, comme c'est le cas pour les autres groupes vulnérables d'ailleurs.

3.5 Choix d'une population d'étude : les enfants

Après avoir vu les différents effets sur la santé de certains insecticides on peut s'interroger sur l'existence d'une population qui serait davantage sensible à ces substances actives et pour laquelle des mesures de précaution seraient nécessaires.

Nous avons décidé de nous intéresser aux fœtus et aux enfants, qui comme nous l'avons vu précédemment constituent une catégorie de la population particulièrement sensible aux insecticides. Une exposition précoce et prolongée a des conséquences à long terme sur leur développement.

3.5.1 Premières contaminations

L'exposition des parents à des substances toxiques, avant la conception, peut provoquer des mutations de leurs cellules reproductrices et être à l'origine d'un cancer chez le futur enfant. Des études épidémiologiques (aux Etats-Unis et au Canada) ont permis d'établir une association entre certaines pathologies infantiles et l'exposition du père à des solvants, des peintures, des pesticides. Le père transfère ces substances chimiques au moment de la fécondation à travers son sperme.

3.5.2 Contamination in utero

Chez le fœtus, les toxiques peuvent causer des mutations cellulaires ou des altérations des fonctions hormonales et immunitaires favorisant l'apparition d'anomalies congénitales et certains cancers. Des expériences toxicologiques ont mis en évidence que la vulnérabilité de l'embryon et du fœtus dépend fortement du moment auquel ils sont exposés. Chez l'être humain, la période de l'organogenèse, qui s'étend de la 3^{ème} à la 8^{ème} semaine de la gestation, est la période pendant laquelle l'embryon est le plus sensible. Pour les malformations congénitales majeures, la période hautement critique vis-à-vis de substances tératogènes commence dès le début de la troisième semaine pour le système nerveux central; au milieu de la 3^{ème} semaine pour le cœur; au milieu de la 4^{ème} semaine pour les bras, les jambes, les yeux, l'ouïe; à la fin de la 6^{ème} semaine pour les dents, le palais; à la moitié de la 7^{ème} semaine pour les organes génitaux. Ces périodes hautement critiques s'étendent chacune sur trois à quatre semaines selon les anomalies, sur cinq semaines pour l'ouïe. Elles sont suivies d'une période moins sensible qui s'étend, pour le système nerveux central, les yeux et les organes génitaux jusqu'au terme de la gestation.

La gestation est aussi une période critique pour la leucémie et il est maintenant établi qu'une de ses formes, la leucémie aiguë lymphoblastique, est initiée *in utero*. M^{me} Schwartz de l'Institut canadien de la santé infantile a mentionné : "Les pesticides peuvent être transférés du corps de la mère au fœtus ou à l'embryon en développement. Par exemple, [...] on a trouvé dans le liquide amniotique des concentrations de lindane et de DDE".

En effet, depuis le début de son existence, **alors qu'il n'est encore qu'un embryon**, le futur enfant est exposé, de façon continue, à des agents physiques et chimiques. La littérature suggère que l'exposition à des polluants chimiques agissant comme des perturbateurs du système endocrinien peut en partie avoir lieu pendant le développement du fœtus et de l'enfant. Il y aurait quelque 100.000 substances chimiques sur le marché. Via le passage transplacentaire, l'embryon absorbe des polluants, notamment des résidus de substances chlorées (**pesticides organochlorés**, polychloro- biphényles, hexachlorobenzène, etc...). Des analyses du sang, du cordon ombilical, du liquide amniotique, du méconium effectuées chez des nouveau-nés attestent que la contamination directe ou provenant des réserves maternelles est bien réelle ! Le placenta, la peau et les poumons figurent parmi les vecteurs importants d'absorption chez le fœtus. Les mouvements respiratoires du fœtus sont tels que les substances contenues dans le liquide amniotique peuvent atteindre les voies aériennes.

Outre les résidus chlorés dont sa mère est porteuse, le fœtus absorbe par voie placentaire également les résidus d'une gamme variée de pesticides présents dans l'alimentation et/ou provenant de pesticides (et autres substances toxiques) utilisés, soit par son père, soit par sa mère, lors de leurs activités professionnelles et/ou privées. En effet, le père peut aussi transférer directement vers la mère les résidus de substances dont il est porteur sur les mains, les vêtements par simple contact cutané. Et la mère peut alors contaminer, via le passage transplacentaire, son futur enfant avant même sa naissance.

Dans ce contexte, l'adoption du principe de précaution est requise : même si de nombreux chercheurs restent "réservés" dans leurs conclusions une grande prudence s'impose. Les femmes enceintes éviteront donc soigneusement de s'exposer à des insecticides.

3.5.3 Contamination des enfants en bas âge

A) Situations d'exposition

Les enfants en bas âge sont plus exposés que les adultes à des polluants dans leur environnement immédiat car leurs sources et voies d'exposition sont toutes deux plus nombreuses.

De par leur petite taille ils inhalent tous les aérosols quelque soit la hauteur de pulvérisation de celui-ci. En effet, comme les molécules des insecticides ont une densité plus importante que celle de l'air, ils "retombent" forcément vers le sol, c'est pourquoi le maximum de concentration de tous les produits pulvérisés se trouvent à hauteur des enfants.

En milieu domestique, les enfants jouent à même le sol, sur des moquettes ou des tapis. Or ce sont sur ces surfaces que s'accumulent le plus de pesticides et résidus. Les enfants touchent les lino et autres parquets en jouant ou en évoluant à "quatre pattes" puis ils mettent la main à la bouche et s'intoxiquent ainsi facilement. Quant aux moquettes et aux tapis, ils constituent de véritables nids à résidus et le fait de marcher dessus ou de les effleurer provoque une remise en suspension des particules que les enfants respirent à plein poumon.

Les éléments d'aménagement intérieur peuvent également constituer des sources potentielles de contamination. Toutes les surfaces des bibelots, livres, meubles ont pu être pulvérisées intentionnellement ou pas ou sont recouverts par les retombées ou envolées de certains insecticides particulièrement volatils comme les aldéhydes. Les nappes, rideaux et autres tissus ont des propriétés de capture des molécules pulvérisées du même type que celui des moquettes de sorte que les enfants qui les agitent pendant leurs activités libèrent parfois des particules toxiques par inhalation.

Les jouets des enfants sont également susceptibles d'accumuler des résidus de pesticides et peuvent parfois devenir dangereux lorsque le matériau dans lequel ils sont faits réagit au contact des particules d'aérosol. Par exemple dans des enquêtes de Gurunathan, 1998 [23], il est démontré que des jouets en plastique peuvent être une source de contamination dans un appartement traité avec du chlorpyrifos de la famille des organophosphorés.

Une autre source d'exposition qui accroît le risque de contamination des enfants réside dans la promiscuité qu'ils ont avec les animaux domestiques. En effet, ces derniers peuvent non seulement stocker des résidus de pesticides dans leur pelage ou plumage mais ils peuvent eux-mêmes être équipés de colliers anti-puce qui sont toxiques par contact cutané.

De surcroît, les répulsifs, notamment les anti-moustiques qui fonctionnent par branchement aux prises secteurs, sont souvent à hauteur du sol et sont facilement manipulables par des enfants. Ils s'avèrent donc dangereux quelle que soit la forme (avec une recharge de produit liquide ou avec une plaquette diffusante). Pareillement, les pièges à cafards, tubes à liquide fourmicide et autres boules anti-mites sont de petits objets susceptibles d'être découverts par les enfants et d'être manipulés ou portés à la bouche. Dans ces cas de figure, l'ingestion ou le contact cutané représentent un risque majeur d'empoisonnement pour les petits.

N'oublions pas de citer tous les cocktails à base d'insecticides auxquels les enfants sont exposés constamment dans un milieu résidentiel. Cocktails avec solvants ménagers ou cosmétiques, cires, laques et autres produits d'entretien, shampooings, formaldéhydes...La liste de ces produits est longue et leurs effets communs encore mal connus mais leur utilisation est tout de même importante dans les foyers.

B) Hypothèses quant à la sensibilité plus grande des enfants

Proportionnellement à leur poids, ils respirent, boivent, mangent et absorbent davantage de substances toxiques que les adultes c'est-à-dire qu'ils ingèrent plus de résidus de pesticides par kilo de poids de corps que les adultes de par leur alimentation. D'ailleurs leur régime alimentaire diffère sensiblement de celui des adultes (étant composé d'une importante proportion de fruits, de légumes et de lait maternel), ainsi leur capacité à métaboliser et à éliminer les substances toxiques résiduelles est d'autant plus réduite qu'ils sont jeunes, comme l'a soulevé M^{me} Schwartz, de l'Association canadienne de la santé publique.

Bien que toutes les études n'aient pas démontré une association statistiquement significative ou la présence d'un risque, certaines études épidémiologiques laissent suspecter un risque plus important de contracter certaines formes de cancers chez les enfants qui ont été exposés à des pesticides en milieu résidentiel (à l'extérieur ou à l'intérieur de la résidence) ou dont les parents ont été exposés dans le milieu pendant la grossesse.

C) Mesures de précaution

Afin de réduire les risques d'empoisonnement des enfants compte tenu de la multiplicité et de la diversité des sources de contamination il est nécessaire de prendre quelques mesures de précaution. Par exemple, conserver les insecticides domestiques dans des lieux inaccessibles aux enfants, ou éliminer les emballages et supports d'insecticides dans les déchets domestiques.

3.5.4 Les effets sur la santé des enfants

Comment évaluer tous les risques et les effets sur la santé qu'engendre l'exposition aux insecticides en milieu résidentiel pour ces enfants et fœtus?

D'après les connaissances actuelles il est encore très délicat d'effectuer des analyses de risques pour de telles expositions car on ne sait pas déterminer avec exactitude les doses présentes dans l'air. Les produits utilisés diffèrent dans leur forme, composition, densité, persistance dans l'air, et ne sont pas forcément assimilés de la même façon. Les DJA et autres ERU ne sont pas toujours définis par les organismes de contrôle toxicologique ou autorités sanitaires. Les seules données disponibles sont celles d'études épidémiologiques et quelques valeurs toxicologiques.

Nous pouvons donc seulement établir un panel des différentes maladies liées plus ou moins significativement à une exposition précoce à certains insecticides.

Parfois certains risques d'intoxication aux insecticides deviennent des questions de santé publiques et des enquêtes sont financées par les autorités publiques afin de mieux connaître et enrayer des phénomènes. C'est le cas au Québec où on a réalisé une mesure de l'exposition aux pesticides organophosphorés par la recherche de ses métabolites dans les excréations humaines. Cette étude a été faite dans une population d'enfants de 3 à 7 ans, vivant dans trois régions du Québec, à l'aide de tests urinaires. Les objectifs de cette étude étaient d'améliorer le niveau de connaissance quant à l'exposition résidentielle des enfants québécois à ces substances et d'explorer l'effet de la réglementation municipale sur les niveaux d'exposition.

Les études décrites ci-après témoignent des effets souvent dus à une exposition chronique sur la santé des enfants. On remarque que les pathologies sont des cancers, des leucémies (souvent aiguës), des tumeurs, des lymphomes non-hodgkiniens. Ce dernier cas apparaît régulièrement dans les publications sur les risques de l'exposition aux pesticides et pas seulement chez les enfants.

Les lymphomes malins sont des tumeurs développées à partir de l'un des éléments cellulaires constituant le tissu lymphoïde. Il s'agit d'affections fréquentes dont la répartition selon l'âge varie avec le type histologique, mais pour lesquelles on ignore s'il existe des causes favorisantes comme c'est le cas pour les leucémies aiguës. Selon l'usage, nous distinguerons la maladie de Hodgkin et les lymphomes malins non hodgkiniens.

Les lymphomes malins, non hodgkiniens, sont le fait d'une prolifération monoclonale de l'une des composantes cellulaires du tissu lymphoïde. Dans plus de 90% des cas, il s'agit d'une prolifération des lymphocytes B. Ces lymphomes sont observés dans une tranche d'âge légèrement supérieure à celle relevée dans le cas de la maladie de Hodgkin, sans prédominance de sexe.

Buckley & Al (1989 et 2000) [30] ont publié de nombreux articles concernant les risques liés à l'exposition des enfants aux pesticides. Ils ont observé certaines associations entre l'exposition résiduelle aux insecticides domestiques et la survenue de leucémies. Les associations étaient significatives dans les cas où les mères étaient exposées de façon intensive à des pesticides pendant la grossesse ($P < 0,05$) et dans les cas d'exposition directe des enfants moins d'une fois par semaine ($OR = 1,8$; I.C. 95 % = [1,0 3,0]) ou de façon plus intensive ($OR = 3,5$; I.C. 95 % = [0,9 13,8] ; $P = 0,04$).

Ils remarquent également que la fréquence d'utilisation d'insecticides domestiques par la mère pendant la grossesse serait associée à une augmentation du risque de contracter un lymphome non hodgkinien pendant l'enfance.

Leiss & Savitz (1995) [31] ont effectué une étude cas-témoin chez des enfants de moins de 15 ans. Elle démontre de nombreuses associations significatives entre l'exposition in utero et postnatale à des plaquettes insecticides et la survenue de leucémies. Une telle association a été aussi démontrée pour le cancer du cerveau chez les jeunes ayant été exposés au cours des deux années ayant précédées le diagnostic ($OR = 1,8$; I.C. 95 % = [1,2 2,9]).

Une autre étude cas-témoin de Davis & Al (1993) [32] montre que lorsque les comparaisons ont été effectuées avec un groupe témoin composé d'enfants souffrant d'un cancer, des associations positives significatives ont été observées entre autres pour l'utilisation de pesticides en aérosol dans la maison ($OR = 6,2$; I.C. 95 % = [1,4 28,4]).

Toujours sur le même schéma d'étude, Daniels & Al (2001) [33] ont évalué la relation entre la survenue de neuroblastomes chez les jeunes enfants et l'exposition résidentielle aux pesticides. Ils notent une modeste association dans le cas d'utilisation de pesticides dans la maison ($OR = 1,6$; I.C. 95 % = [1,0 2,3]) et comparativement aux nourrissons une association plus forte fut observée pour les enfants diagnostiqués après l'âge d'un an.

D'autres chercheurs, Gold & Al (1979) [34] ont observé que des enfants avec une tumeur du cerveau avaient été davantage exposés aux insecticides que ceux servant de témoins ($OR = 2,3$) et que cette relation approchait le seuil significatif ($P = 0,10$).

Une étude récente de Mc Duffie & Al (2001) [35] indique que l'exposition aux carbamates ($OR = 1,92$; I.C. 95 % = [1,22 3,04]) et aux insecticides organophosphorés ($OR = 1,83$; I.C. 95 % = [1,27 2,36]) augmenteraient de façon significative le risque de développer un lymphome non-hodgkinien.

Un nombre grandissant d'auteurs soupçonnent une relation entre l'exposition à certains pesticides pendant la grossesse et la survenue de problèmes chez l'enfant voire même l'apparition d'anomalies congénitales. C'est le cas de l'exposition à certains pesticides neurotoxiques comme les organophosphorés et les organochlorés et la survenue de problèmes d'apprentissage et de développement chez les enfants (Guillette & Al 1998) [36]. Certains insecticides pourraient aussi interrompre le processus de développement neurologique lors de la période critique de développement et provoquer des effets néfastes sur les fonctions sensorielles, motrices et cognitives (Tilson, 1998) [37]

Des études expérimentales indiquent que l'exposition néonatale à de faibles doses d'insecticides, dont les organophosphorés, pourrait mener à des changements irréversibles des fonctions cérébrales chez des animaux adultes (Eriksson, 1997 et 2000). En ce qui concerne les données humaines, peu d'études ont été réalisées à ce sujet. D'une part car les expérimentations qui ont permis d'aboutir à certains de ces résultats sont heureusement interdites sur les hommes. D'autre part parce que les études humaines sont faites à posteriori c'est-à-dire au regard des effets et non pas au moment de l'intoxication surtout si elle est néonatale.

L'évolution des études dans ce domaine est encore lente mais a permis déjà de mieux connaître les modes de fonctionnement de certaines substances dans le corps humain afin d'établir une réglementation d'utilisation adéquate. Par exemple les données récentes concernant les effets des organophosphorés sur le développement précoce du système nerveux ont amené l'US EPA et Santé Canada à réévaluer la toxicité de ces produits.

3.5.5 Limites des études sur la santé des enfants et nourrissons.

La plupart des auteurs des études sur le cancer des enfants en rapport avec l'exposition aux insecticides en milieu résidentiel notent que des biais méthodologiques propres aux études cas-témoins ont pu influencer leurs résultats. Les principaux facteurs d'incertitude sont les biais de rappel, la difficulté à préciser les niveaux d'exposition, les comparaisons multiples et la taille des échantillons.

Ces études n'indiquent pas toutes un niveau de risque significatif. Toutefois les résultats pris dans leur ensemble supposent une élévation non négligeable du risque de cancer pour de nombreux scénarii d'exposition aux insecticides.

Par ailleurs, des tests toxicologiques spécifiques pour évaluer les toxicités périnatales et infantiles devraient être développés. Il s'avère que les méthodes actuelles d'évaluation des risques ne prennent malheureusement pas en compte la sensibilité particulière de ce groupe vulnérable lors de l'établissement des valeurs guides comme les Doses Journalières Admissibles et les Limites Maximales en Résidus sur les denrées alimentaires.

4 Perspectives

Concernant la problématique des insecticides, beaucoup de données sont disponibles sur les expositions professionnelles. Cependant, bien que ces expositions ont lieu depuis plus de 40 ans, les études, elles, ne remontent qu'à une dizaine d'années. En effet, les autorités ont réagi tardivement à ce qui est désormais considéré comme un véritable problème de santé publique. On se trouve actuellement dans la même situation au sujet des expositions en milieu domestique. Il est en effet difficile de récolter des données bien que certains pays, comme le Canada et les Etats-Unis, sont un peu plus avancés dans la matière puisqu'ils disposent déjà d'études épidémiologiques. Cette difficulté nous a été confirmée par les différentes personnes que nous avons pu contacter (Ghislaine Bouvier, Corinne Mandin).

La connaissance de la problématique des insecticides à usage domestique est donc actuellement très lacunaire. Ce manque d'informations empêche de mener à bien une évaluation des risques sanitaires. En effet, la caractérisation du danger est limitée à l'étude des substances actives alors qu'il faudrait également prendre les interactions entre produits. De plus, il est impossible actuellement de connaître précisément l'exposition de la population dans la mesure où les chiffres de vente sont indisponibles et qu'il n'existe pas ou peu de données concernant les concentrations moyennes en insecticide dans les logements.

4.1 Limites de la réglementation

Tout d'abord, il faut noter que, en France, depuis 1991 (directive 91/414/CE), les molécules destinées à l'agriculture sont soumises à une procédure d'homologation et nécessitent une autorisation de mise sur le marché. Mais, jusqu'à la directive 98/8/CE, lorsque ces mêmes substances étaient destinées au grand public et à l'habitation il n'y avait ni procédures d'homologation ni autorisation de mise sur le marché. Seule une obligation d'étiquetage du risque était imposée. Or, on a pu observer un retard de la transposition de la Directive 98/8/CE (prévue pour le 14 mai 2000 au plus tard), la France étant même le dernier pays à avoir transposé la directive en droit national ce qui lui a valu une condamnation par la Cour de Justice européenne. Finalement, la directive a été transposée en droit français en partie par l'ordonnance du 11 avril 2001, qui correspond aux articles L 522-1 à L 522-18 du Code de l'Environnement, puis par le décret n° 2004-187 du 26 février 2004 relatif au contrôle de la mise sur le marché des produits biocides. Cette transposition a été complétée par l'arrêté du 19 mai 2004, par l'arrêté du 24 juin 2004 fixant le montant de la rémunération due au titre de la mise sur le marché de ces produits, arrêtés pris pour application du décret du 26 février 2004[v1] et par l'arrêté du 16 décembre 2004 qui agrée l'INRS pour « *recevoir les informations relatives aux produits biocides mis sur le marché* » et « *pour participer à l'évaluation des substances actives et des produits biocides* » dans le cadre du nouveau circuit réglementaire d'autorisation de mise sur le marché. [38] Ce vide juridique a ainsi pu conduire à des situations contradictoires, comme par exemple la mise en vente de produits dont la substance active est interdite pour un usage agricole. Le lindane par exemple, est une molécule interdite en agriculture depuis 1998 en raison de sa toxicité et de sa persistance. Cependant, elle n'a

pas été interdite dans les produits ménagers et on peut la retrouver dans les fumigènes insecticides, ou bien les lotions antipoux destinées aux enfants. Malgré le risque avéré, les insecticides ménagers contenant du lindane (jusqu'à 20 % selon les produits) restent en vente libre. [39]

Par ailleurs, seulement 364 substances actives doivent être évaluées entre 2004 et 2010 alors même qu'un millier de substances a été recensé. Actuellement, les dossiers pour les insecticides sont à déposer avant avril 2006.

Enfin, les dossiers à déposer pour l'autorisation de mise sur le marché doivent comporter une partie sur la toxicité de la substance active elle-même, mais il n'est pas prévu d'étudier l'interaction de la substance avec d'autres produits (insecticides, nettoyeurs ménagers, solvants etc.) sans doute par manque de connaissances scientifiques sur l'effet des cocktails.

4.2 Méconnaissances des effets "cocktail"

Par le seul fait de boire et de manger, nous sommes déjà exposés quotidiennement à certains insecticides dont nous ne connaissons pas encore bien les effets individuels potentiels à long terme.

Nous sommes actuellement dans l'incapacité de prévoir les interactions possibles entre insecticides. En effet, la toxicité de certains insecticides peut, dans notre organisme, s'additionner à celles de certains de leurs congénères. Certains insecticides peuvent même voir leur potentiel toxique multiplié grâce à la présence simultanée d'autres insecticides. Il faut également tenir compte des interactions pouvant se produire entre insecticides et produits ménagers (solvants, produits de désinfection, désodorisants, etc.). Un effort est donc à entreprendre par les industriels chimiques pour subventionner des études toxicologiques afin de caractériser ces interactions.

De plus, comme on l'a vu, les produits de dégradation des insecticides peuvent être aussi dangereux, voire plus, que les insecticides eux-mêmes. Des études sur le devenir de ces produits dans l'environnement et dans l'organisme humain s'avèrent donc nécessaires.

On attend beaucoup de la mise en place de la procédure REACH. Il est important que celle-ci contribue à l'enrichissement des connaissances scientifiques sur les éventuels cumuls de toxicité et les produits de dégradation afin de pouvoir, après caractérisation des dangers et des risques, mettre en place une gestion de ces risques.

4.3 Amélioration de la connaissance de l'exposition des populations

4.3.1 Estimation des ventes d'insecticides

Il est relativement difficile d'obtenir des informations sur les ventes d'insecticides à usage domestique en France. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer. Tout d'abord, l'industrie chimique productrice de ces produits en ignore souvent l'usage final (agricole ou domestique). Et quand elle le connaît, les quantités produites par l'industrie sont souvent inexploitable car elles sont évaluées en terme de chiffre d'affaires et non pas en tonnage, et elles incluent les produits destinés à l'exportation.

De plus, même si l'on sait qu'une substance est utilisée en tant qu'insecticide, il reste difficile de savoir dans quel type de produit elle sera commercialisée (aérosol, fumigène, etc.). Enfin, même si ces données existent, elles sont parfois considérées confidentielles. Pour le moment, la seule solution est d'aller directement dans les rayons des magasins et de regarder les étiquettes des produits pour au moins avoir une idée des substances présentes sur le marché.

Il est donc nécessaire d'obtenir plus de transparence de la part des fabricants et des commerçants. On peut également envisager de réaliser une enquête auprès des consommateurs, à la sortie des grands magasins par exemple, afin de déterminer quels types de produits ils achètent, à quelles périodes et à quelles fréquences.

4.3.2 Campagne de mesures dans les logements

Afin de compléter les connaissances sur l'exposition des insecticides, il serait intéressant de mettre en place une campagne de mesures des concentrations en insecticides dans les logements. Il faudrait réaliser une étude multicentrique afin de pouvoir comparer les expositions (qualitativement et quantitativement) en milieu rural et en milieu urbain et entre différentes régions de France. Cette étude devra prendre en compte les variations saisonnières.

Les mesures de concentrations pourront se faire grâce à des prélèvements d'air et des prélèvements de résidus d'insecticides présents sur les mains des personnes (effectués sur le lieu du prélèvement d'air).

Pour les conditions pratiques des prélèvements, on pourra s'inspirer des travaux réalisés par Ghislaine Bouvier dans le cadre de sa thèse. [15] La solution retenue a été de réaliser un prélèvement d'air intérieur, sur une période de 24 heures en continu, dans la pièce principale du logement. La méthode de prélèvement retenue consiste à échantillonner l'air ambiant sur un support filtrant à l'aide d'une pompe aspirante. Le prélèvement sur les mains est effectué à l'aide de compresses stériles en intissé, imbibées extemporanément d'isopropanol pur pour analyse de pesticides.

Les travaux de Ghislaine Bouvier mettent en évidence l'absence de méthode standardisée pour le prélèvement d'air ou sur les mains. Il serait donc utile que les laboratoires de chimie analytique de l'environnement valident une méthode de prélèvement. La fiabilité des méthodes de mesure des insecticides est également à développer.

Une des limites d'une telle campagne est d'obtenir l'autorisation et la participation de particuliers car on touche à la sphère privée.

5 Recommandations et propositions d'actions pour diminuer le risque

5.1 Précautions d'emploi

Les insecticides étant des produits à base de substances toxiques, quelques règles élémentaires d'utilisation et de sécurité semblent s'imposer.

- Lire l'étiquette avant utilisation ;
- Stocker dans un endroit inaccessible, hors de la portée des enfants et des animaux, et loin de la nourriture et des boissons ;
- Respecter les consignes de sécurité et d'utilisation (en terme de fréquence, de durée d'utilisation...). Par exemple, ne pas dépasser la durée de pulvérisation conseillée ;
- Minimiser les risques d'exposition (protection, loin des denrées alimentaires, utilisation dans une pièce ventilée...) :
 - S'abstenir de manger, de boire ou de fumer pendant l'utilisation des aérosols,
 - Couvrir les vivres, les couverts et les ustensiles de cuisine,
 - Bien aérer la pièce quand le produit a fait son effet,
 - Ne jamais utiliser près d'une flamme ou d'une source de chaleur (car ils contiennent un gaz propulseur inflammable),
 - Limiter les aérosols ainsi que les diffuseurs électriques, en particulier dans les chambres à coucher, surtout celles des enfants, des femmes enceintes et des personnes allergiques ;
- Ne jamais utiliser de produits à usage agricole, commercial ou industriel ;
- En cas de contact avec la peau, bien se laver ;
- En cas d'accident ou d'ingestion, joindre immédiatement le centre antipoison et lui soumettre l'emballage ou la notice du produit en cause ;
- Remettre les restants de produits à la collecte sélective car ce sont des déchets dangereux ;
- Appliquer le produit dans les zones où les insectes se rassemblent, rampent et se cachent, mais jamais sur les plans de travail et le matériel ;
- Ne jamais pulvériser les insecticides rémanents dans l'atmosphère mais toujours les appliquer sur des surfaces.

Remarque

Les pyréthrinoïdes empoisonnent l'eau. Ne pas les utiliser près d'un aquarium. Certains persistent pendant des semaines dans la pièce où ils ont agi (rideaux, moquette...). Attention aux enfants en bas âge.

5.2 Méthodes alternatives

De manière générale, mieux vaut prévenir qu'occire. Ainsi, il faut tenter de réduire l'accès à tout ce qui est nécessaire aux insectes pour vivre (eau, nourriture, abri).

Quelques règles élémentaires peuvent ainsi d'ores et déjà être mises en place. Il faut par exemple protéger la nourriture ce qui évite d'attirer les insectes. L'utilisation de pièges et barrières physiques doit être encouragée ainsi que l'utilisation de moustiquaires, rideaux de perles ou de lanières (qui empêchent entre autres les mouches d'entrer). Les fissures et les crevasses doivent être bouchées dans la mesure du possible. Il faut privilégier l'utilisation de produits peu toxiques : pyrèthre, acide borique, diatomite, *Bacillus thuriengis*, savons huiles horticoles...

Spécifiquement pour quelques insectes parmi les plus répandus : [40]

– Fourmis

- Supprimer leur nourriture (conserver les aliments dans des récipients hermétiques, enfermer les déchets organiques dans des plastiques avant de les mettre à la poubelle, rincer la vaisselle si le nettoyage n'est pas immédiat) ;
- Obturer les voies d'accès ;
- Aménager des barrières collantes ;
- Utiliser d'appâts pour les déloger d'endroits inaccessibles ;
- Recourir à des températures élevées ;
- Utiliser des plantes répulsives (lavande, marjolaine) ;
- Utiliser de l'acide borique en poudre dans les fissures ;
- Utiliser une serpillière trempée dans de l'eau savonneuse.

– Mouche

- Bien gérer les denrées alimentaires et les excréments animaux : fermer hermétiquement les poubelles, mettre tous les aliments à l'abri, éliminer les fruits en fermentation, rincer les bouteilles de bière ou de vin vides, rincer tous les emballages destinés au recyclage ;
- Fermer les fenêtres ;
- Utiliser de façon préventive des moustiquaires, des rideaux de perles etc. ;
- Recourir à une lutte directe physique (tape mouche, attrape mouche) ;
- Utiliser des pièges dans le jardin.

– Moustiques

- Assécher les eaux stagnantes du voisinage immédiat de l'habitation ;
- Eviter les piqûres grâce à des moustiquaires ;
- Utiliser un tape mouche ;
- Utiliser de l'essence de citronnelle.

– Blattes

- Réparer les robinets et tuyaux qui fuient ;
- Prévoir une bonne ventilation ;
- Mettre hors d'atteinte la nuit la nourriture et l'eau des animaux domestiques ;
- Ne pas laisser traîner de fonds de verre ou de bouteille ;
- Fermer hermétiquement les poubelles ;
- Stocker les denrées alimentaires dans des récipients hermétiques ;
- Ne pas laisser traîner de vaisselle sale ;
- Sceller toute bouche d'aération ou entrée d'air ;
- Sceller toute crevasse ou fissure dans les coins de murs, autour des tuyaux, des interrupteurs.

5.3 Importance de la ventilation

A côté des mesures de réduction de l'utilisation des insecticides, l'aération correcte de la maison est indispensable pour assurer un renouvellement de l'air et ainsi une diminution de la concentration résiduelle en insecticides. Elle doit être suffisante et ne doit pas entraver certaines fonctions comme la sécurité incendie, ou le confort acoustique et thermique. Un déficit de l'aération a des conséquences défavorables sur l'état sanitaire des habitants dans la mesure où il conduit à un milieu appauvri en oxygène et à une augmentation de la concentration en polluants.

Contrairement à d'autres domaines de la construction il n'existe pas de métier spécifique de la ventilation. L'intégration du système de ventilation dans le bâtiment est donc généralement réalisée par différents corps de métier sans être suivie par un spécialiste.

L'extraction de l'air vicié peut se faire :

- Par ventilation statique ou naturelle,
- Par gaines, hotte vers l'extérieur (se fait de préférence verticale),
- Par ventilation mécanique contrôlée (VMC).

La VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée)

La VMC est un dispositif qui permet d'assurer une aération permanente et contrôlée, en partie indépendante des conditions atmosphériques. Le principe consiste à alimenter en "air neuf" les pièces dites à pollution non spécifique (séjour, chambre, bureau) et à évacuer l'air vicié des pièces dites à pollution spécifique (cuisine, salle de bains, WC).[41]

Elle s'est notamment développée après l'arrêté du 24 mars 1982 visant à réduire la consommation d'énergie des logements, tout en préservant le confort et l'hygiène des locaux. Cet arrêté fixe les valeurs des débits applicables en cas de VMC gaz pour les entrées d'air et les extractions. L'arrêté du 5 avril 1988 précise le caractère obligatoire d'une aération des logements dans les habitations créées après le 31 décembre 1988.

La VMC n'est cependant une solution miracle, le plus efficace étant sans aucun doute de réduire les insecticides à la source. Par ailleurs, elle nécessite un entretien régulier et rigoureux afin d'éviter toute dépression susceptible de freiner, voire d'inverser le tirage thermique des conduits de fumée existants.

CONCLUSION

L'ensemble de la population est exposé quotidiennement à un mélange d'insecticides. Le grand public est très peu informé des risques pour la santé et pour l'environnement de l'utilisation domestique d'insecticides. L'étiquetage de ces produits est souvent incomplet. Même si la substance active est indiquée, il n'est généralement pas fait mention des substances additives. Le grand public ne dispose donc en général que de l'information publicitaire des fabricants de ces produits et de quelques conseils d'utilisation.

Les scientifiques sont également confrontés à un manque de connaissances par rapport à la dangerosité des substances, aux probables effets cocktails ainsi qu'à l'exposition en milieu domestique de la population. Ces lacunes prouvent la nécessité d'approfondir les recherches afin d'étendre le champ des connaissances dans le domaine vaste et encore méconnu de l'exposition humaine aux insecticides à usage domestique et, à terme, de pouvoir procéder à une évaluation des risques sanitaires de ces produits.

Par ailleurs, les insecticides à usage domestique ne sont actuellement soumis à aucune autorisation de mise sur le marché. La législation a donc un rôle à jouer en imposant la réalisation d'études (sur les effets des substances et les interactions de celles-ci avec les autres produits ménagers par exemple) pour obtenir une autorisation de mise sur le marché.

A l'heure actuelle, les informations disponibles ne permettent donc pas une analyse de risques pour chaque insecticide. Toutefois, elles permettent de conclure à la nécessité de l'adoption d'une attitude de précaution, d'autant plus à l'égard des enfants qui constituent une population sensible à l'exposition aux insecticides en milieu domestique. En attendant, il faut continuer d'encourager une utilisation modérée et raisonnée des insecticides, ainsi que le recours aux méthodes alternatives, encore mal connues ou ignorées.

Bibliographie

- [1] DELORME Robert VIEL Guy Article : Pesticide Encyclopédie Universalis 2006 V11
- [2] <http://www.univ-savoie.fr/mse/ressources/rapports/rapports99/cdeli/II%20Pollution%20des%20eaux.htm>
- [3] UIPP. Repères. Les chiffres-clés 2004 : Union des Industries de Protection des Plantes. <http://www.uipp.org/repere/chiffre.php>, 2004.
- [4] ALLOT F., DEBROISE R., FORESTIER D., *Les produits phytosanitaires : évaluation et gestion de l'exposition des professionnels dans les serres*. Atelier Santé Environnement, 2004.
- [5] La lutte anri-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurolex, Paris 1991, pp. 179-191.
- [6] MANDIN C., CIOLELLA A. *Les biocides en France : Etat actuel de leur réglementation et étude du marché français*. 1999
- [7] UFC 60 millions de consommateurs Anti-parasite des poisons juillet-août 2005
- [8] PEETERS J. Pesticides à usage domestique : Risques pour la santé. *Pesticides Action Network (PAN) Belgium*. 1999.
- [9] <http://mediaplan.ovh.net/~mdrgf/2sommpestos.html>
- [10] EPHY. Catalogue officiel français des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages. <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/wiphy/> : Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, Paris, France, 2004
- [11] Séverin F., Delemotte B. *L'utilisation des produits phytosanitaires*. In : Testud F., Garnier R., Delemotte B., eds. Toxicologie humaine des produits phytosanitaires. Paris : ESKA - Lacassagne, 2001:17-24.
- [12] FOURNIER J. Chimie des Pesticides. Paris, 1988.
- [13] BONVALLOT N., DOR F. Insecticides organochlorés aux Antilles : Identification des dangers et valeurs toxicologiques de référence (VTR).
- [14] Institut National espagnol Sécurité et Hygiène dans le Travail
- [15] BOUVIER G. Thèse : Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides. Université René Descartes - Paris V. Décembre 2005.

[16] ARNICH N., CERVANTES P., GALLOTTI S., LOULERGUE M.-H., SOLAL C. Evaluation des risques pour la santé humaine liés à une exposition au Fipronil. *Groupe de travail AFSSA/AFSSE*. Mars 2005.

[17] Fiche toxicologique n°81 Lindane Services techniques et médicaux de l'INRS

[18] Fiche toxicologique INRS n°116 Dichlorvos Services techniques et médicaux de l'INRS

[19] NEDELLEC V., MOSQUERON L. Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'OQAI. Juillet 2003.

[20] www.tera.org/iter/

[21] EPA, Nonoccupational Pesticide Exposure Study (NOPES), Atmospheric Research and Exposure Assessment Laboratory, Research Triangle Park, NC, EPA/600/3-90/003, 1990

[22] Gurunathan S, Robson M., Freeman N, Buckley B, Roy A, *Accumulation of chlorpyrifos on residential surfaces and toys accessible to children*. Environmental Health Perspective 1998 <http://ehpnt.niehs.nih.gov/docs/1998/106p9-16gurunathan/abstract.htm/>

[23] GREISER E. et al., 1995, in [8]

[24] Roberts J., Dickey L., *Exposure of children to pollutants in house dust and indoor air*. Rev Environcontam. Tox 1995 ; 143 : 59-78.

[25] Feneke R, Curry P, Wandelmaier F, Ritter L. *Development of dermal and respiratory sampling procedures for human exposure to pesticides in indoor environments*. Expos Anal Environ Epi 1991

[26] Agence régionale de l'environnement de Haute Normandie, *Le point sur ... Produits toxiques et santé*. 2003

[27] Non occupational Pesticide Exposure Study (NOPES) : Final Report ; EPA/600/3-90/003; USEPA office of Research and development, US government printing office, washington dc, 1990

[28] A.P. Hoyer, P. Grandjean, T. Jorgensen, J. W. Brock, H. B. Hartvig « Organochlorine Exposure and the Risk of Breast Cancer », *Lancet*, 352(9143), 1998, p. 1816-1820

[29] Environmental Health Center de la Nouvelle-Écosse, site Web, janvier 2000; The Environmental Hypersensitivity Association of Ontario, site Web, janvier 2000.

[30] Buckley et al. 1989 Occupational exposures of parent of children with acute nonlymphocytic leukemia: a report from the Children's Cancer Study Group. *Cancer Research* 49:4030-4037

- [31] Leiss JK, Savitz DA, 1995, "*Home pesticide use and childhood cancer: a case control study*", *American Journal of Public Health*, 85: 249-252
- [32] Davis, JR., Brownson, RC., Garcia, R., Bentz, BJ., Turner, A. (1993). Family pesticide use and childhood brain cancer. *Arch Environ Contamin Toxicol*, vol 24. p. 108-20.
- [33] Daniels, JL., Olshan, AF., Teschke, K., Hertz-Picciotto, I., Savitz, DA., Blatt, J., Bondy, ML., Neglia, JP., Pollock, BH., Cohn, SL, Look, T., Seeger, RC., Castleberry, RP. (2001). Residential pesticide exposure and neuroblastoma. *Epidemiology*, 12: 20-27.
- [34] Gold, E., Gordis, L., Tonascia, JE , Szklo, M, (1979). Risk factors for brain tumors in children. *Am J Epidemiol*, 109: 309-319.
- [35] McDuffie, HH., Pahwa, P., McLaughlin, JR., Spinelle, JJ., Fincham, S., Dosman, JA., Robson, D., Skinnider, LF., Choi, NW. (2001). Non-Hodgkin's lymphoma and specific pesticides exposures in men : Cross-Canada study of pesticides and health. *Cancer epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 10 : 1156-63.
- [36] Guillette, EA., Meza, MM., Aquilar, MG., Soto, AD., Garcia, IE (1998). An anthropological approach to the evaluation of preschool children exposed to pesticides in Mexico. *Environ Health Perspect*, 106(6): 347-353
- [37] TILSON, "Developmental Neurotoxicology of Endocrine Disruptors and Pesticides: Identification of Information Gaps and Research Needs", 1998. *Environ Health Perspect*, 106 (Suppl 3): 807-811.
http://ehpnet.niehs.nih.gov/docs/1998/suppl-3/807-81_tilson/abstract.html
- [38] Bureau d'évaluation des risques des produits et agents chimiques BERPC dossier de presse 24 mars 2005 INRS INERIS
- [39] <http://www.arehn.asso.fr/pointsur/pdf/toxiq.pdf>
- [40] PESTICIDES ACTION NETWORK, *Pas de pesticides à la maison, Solutions sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables*, 1999
- [41] MEAR G., *Nos maisons nous empoisonnent*. Terre vivante, 2003.192 p.

Liste des annexes

Annexe I : Répartition des quantités d'insecticides vendues en France par famille	II
Annexe II : Description des insectes	III
Annexe III : Classifications	IV
Annexe IV : Données fournies par les CAP-TV	VII
Annexe V : Symptômes d'intoxications aiguës	XI

Annexe I : REPARTITION DES QUANTITES D'INSECTICIDES

VENDUES EN FRANCE PAR FAMILLE

Quantités de produits insecticides (en tonnes) fabriqués en France et destinés à la vente en France ou à l'export

Substances insecticides	Année 2004 (au 24/05/2005)	Année 2005	
		1 ^{er} trimestre (au 01/08/2005)	2 ^{ème} trimestre (au 26/10/2005)
Végétales	193	(NC)	(NC)
Organochlorés (à usage agricole et domestique)	624	187	154
Organophosphorés (à usage agricole et domestique)	3 706	1 448	1 411
Carbamates	796	264	189
Pyréthri-noïdes (à usage agricole et domestique)	(S)	399	316
Autres insecticides (à usage agricole et domestique)	3 440	1 162	1 111

(S) Secret statistique

(NC) Non communiqué

Source : SESSI

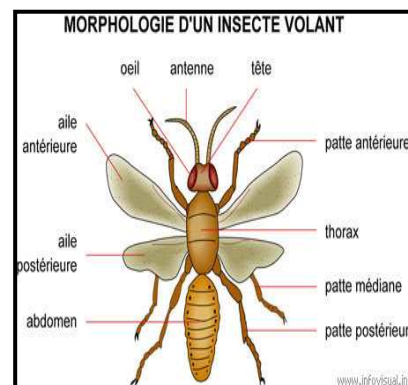
Annexe II : DESCRIPTION DES INSECTES

Les Insectes appartiennent à l'embranchement des Arthropodes, ce qui les réunit aux Arachnides, aux Crustacés (dont les Cloportes) et aux Myriapodes.

Tous les Arthropodes sont des animaux articulés, revêtus d'un squelette externe (exosquelette) appelé cuticule. Cette cuticule ne possède pas de cellules, mais est constituée de protéines diverses dont la chitine. La croissance des Insectes et de tous les Arthropodes se fait par des mues successives, correspondant au remplacement de l'ancienne cuticule trop petite ou inadaptée par une nouvelle. Chaque mue marque le début d'un stade.

Les Insectes possèdent un corps typiquement divisé en trois parties :

- la tête porte les pièces buccales, les antennes (une paire), les yeux (composés chez les adultes) ;
- le thorax, dont chacun des 3 segments porte une paire de pattes articulées et dont les deux derniers sont munis d'ailes (chez les adultes ailés) ;
- l'abdomen, d'une dizaine de segments, renfermant les organes génitaux et terminé éventuellement par des appendices (cerques) et/ou par des pièces génitales servant à l'accouplement (génitalia) ou à la ponte (ovipositeur).



La classe des Insectes est riche d'environ 1 million d'espèces répertoriées. On les divise en une trentaine d'ordres, dont les plus importants sont les Coléoptères, les Lépidoptères, les Diptères, les Hyménoptères, les Héteroptères, les Homoptères, les Thysanoptères, les Orthoptères et les Planipennes.

Les Insectes ont des régimes alimentaires variés. La prise de nourriture est assurée par des pièces buccales (PB) adaptées soit au broyage d'aliments solides (PB broyeuses des Orthoptères, des Coléoptères, des larves des Lépidoptères (chenilles), des Hyménoptères, etc.), soit à la ponction de liquides (PB piqueuses-suceuses des Héteroptères, des Homoptères, de certains Diptères), soit au prélèvement de liquides libres (PB suceuses-lécheuses des Lépidoptères (papillons), de nombreux Diptères, etc.).

La plupart de ces ordres rassemblent des espèces potentiellement nuisibles, disputant à l'Homme ses ressources (ravageurs des cultures et des forêts, prédateurs des denrées), dangereux pour l'Homme et certains animaux domestiques (piqûre douloureuse, vecteurs de maladies).

Annexe III : CLASSIFICATIONS

Les classifications de substances actives d'après les DL50

Actuellement, la classification française (Arrêté du 28 mars 1989 fixant les conditions de classement, d'étiquetage et d'emballage des préparations pesticides Cf. tableau 1) comprend 3 catégories, basées sur les doses létales DL50 pour le rat :

- très toxique,
- toxique,
- nocif.

Tableau 1 : Annexe 1 de l'arrêté du 28 mars 1989.

Valeur de référence	DL50 (orale, rat) (mg/kg)		DL50 (cutanée, rat) (mg/kg)		CL50 (inhalatoire, rat) (mg/l d'air)
	Liquide	Solide	Liquide	Solide	
Très toxique	≤ 25	≤ 5	≤ 50	≤ 10	≤ 0,5
Toxique	> 25 et ≤ 200	> 5 et ≤ 50	> 50 et ≤ 400	> 10 et ≤ 100	> 0,5 et ≤ 2
Nocif	> 200 et ≤ 2 000	> 50 et ≤ 500	> 400 et ≤ 4 000 (1)	> 100 et ≤ 1 000	> 2 et ≤ 20

(1) Ou la valeur techniquement réalisable.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a divisé les substances actives constituant les pesticides en 5 groupes, à partir de ses DL 50 pour le rat :

- classe Ia : "extrêmement dangereux",
- classe Ib : "très dangereux",
- classe II : "modérément dangereux",
- classe III : "peu dangereux",
- "pas dangereux en cas d'usage normal".

« Cette classification correspond au risque sanitaire aigu d'expositions unique ou multiples sur une courte période de temps qui peut être rencontré accidentellement par toute personne qui manipule le produit selon les indications fournies par le producteur ou selon les règles de stockage ou de transport fixées par les autorités nationales compétentes. »

Il est à remarquer que l'OMS classe des produits comme "extrêmement dangereux" pour des concentrations de DL50 jusqu'à 5 fois plus faible que la classification française.

Les classifications de substances actives en fonction du risque de cancer pour l'homme

Deux institutions s'intéressent particulièrement au risque de cancer pour l'homme: l'IARC (International Agency for Research on Cancer) et l'US EPA (Environmental Protection Agency,US). Elles ont établi, sur bases de critères quelque peu différents, des classes de risques.

Classification de l'IARC (CIRC) :

- groupe 1 : cancérigène humain;
- groupe 2A : cancérigène humain probable;
- groupe 2B : cancérigène humain possible;
- groupe 3 : non classifiable quant à sa carcinogénicité pour l'homme. Cette catégorie regroupe des insecticides pour lesquels les effets tumoraux disponibles ou d'autres données clé sont sujets à caution ou limités en quantité et donc ne conviennent pas pour démontrer de façon convaincante le potentiel carcinogène pour l'homme;
- groupe 4 : probablement pas cancérigène pour l'homme.

Source: WHO IARC Juin 1997, "IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: List of IARC Evaluations", Lyon, France.

Classification de l'EPA :

- groupe A : cancérigène humain; évidence suffisante au départ d'études épidémiologiques ;
- groupe B1 : cancérigène humain probable; évidence limitée au départ d'études épidémiologiques;
- groupe B2 : cancérigène humain probable avec évidence suffisante pour l'animal et évidence inadéquate ou pas d'évidence pour l'homme;
- groupe C : cancérigène humain possible; évidence limitée sur animal;
- groupe Cq : une évaluation du risque peut être réalisée par extrapolation au départ des expérimentations sur animal en fonction du modèle "low dose";
- groupe D : non classifiable quant à sa carcinogénicité pour l'homme. Cette catégorie regroupe des insecticides pour lesquels les effets tumoraux disponibles ou d'autres données clé sont sujets à caution ou limités en quantité et donc ne conviennent pas pour démontrer de façon convaincante le potentiel carcinogène pour l'homme;
- groupe E : évidence d'absence de carcinogénicité pour l'homme.

Source: EPA, Feb. 19 , 1997, "List of chemicals evaluated for carcinogenic potential", Memo from W.L. Burnam, Chief, Science Analysis Branch, Health Effects Division (7509), Office of Pesticides Programs.

Classification de l'Union européenne :

- groupe 1: cancérigène humain. Selon les termes de la directive: "Ce sont des substances pour lesquelles on dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer";
- groupe 2: substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme (cancérigènes probables). Selon les termes de la directive: "Ce sont des substances pour lesquelles on dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer. Cette présomption est généralement fondée sur des études appropriées à long terme sur l'animal et sur d'autres informations appropriées";
- groupe 3: substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles (cancérigènes possibles). Selon les termes de la directive: "Pour ces substances, les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante. Il existe des informations issues d'études adéquates sur les animaux mais elles sont insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie".

Source: Directive 67/548/CEE concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses (J O L196 16.08.1967).

Tableau 2 : Classifications comparées des substances actives en fonction du risque de cancer pour l'homme.

	IARC	US EPA	EU
Cancérigène humain	1	A	1
Cancérigène humain probable	2A	B1 et B2	2
Cancérigène humain possible	2B	C et Cq	3
Non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'Homme	3	D	
probablement pas cancérigène pour l'homme	4	E	

Remarque : Si le travail de certaines institutions internationales (Union européenne, International Agency for Research on Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé (IARC), United States Environmental Protection Agency (US EPA) en matière d'évaluation des risques de cancer pour l'homme liés aux substances chimiques est précieux, ces institutions suivent néanmoins le mouvement scientifique avec retard. Ce retard est long pour l'UE (10 ans ou plus), moyen pour l'IARC (5 à 10 ans), plus court pour l'US EPA. Et aucune ne parvient à inclure, dans sa classification, les progrès "explosifs" réalisés ces dernières années dans le domaine de la carcinogenèse ni les résultats des études épidémiologiques. Or, il existe actuellement des études menées auprès des populations agricoles, incluant de nombreux sujets sur de longues périodes d'observation, qui apportent des données suffisamment concluantes quant à la carcinogénicité pour l'homme de plusieurs pesticides (PLUYGERS, 1994). PEETERS J. Pesticides à usage domestique : Risques pour la santé. *Pesticides Action Network (PAN) Belgium*. 1999.

Annexe IV : DONNEES FOURNIES PAR LES CAP-TV

Appel des centres antipoison

Liste des centres antipoison et de toxicovigilance

Localisation du centre	Région associée	
<u>ANGERS</u>	Centre, Pays de la Loire	02 41 48 21 21
<u>BORDEAUX</u>	Aquitaine, Poitou-Charentes	05 56 96 40 80
<u>LILLE</u>	Nord-Pas-de-Calais, Picardie et Haute Normandie	0 825 812 822
<u>LYON</u>	Auvergne, Rhône-Alpes	04 72 11 69 11
<u>MARSEILLE</u>	PACA, Languedoc-Roussillon, Réunion	04 91 75 25 25
<u>NANCY</u>	Bourgogne, Champagne-Ardenne, Lorraine	03 83 32 36 36
<u>PARIS</u>	Ile de France, Antilles, Guyane	01 40 05 48 48
<u>RENNES</u>	Bretagne et Basse-Normandie	02 99 59 22 22
<u>STRASBOURG</u>	Alsace, Franche-Comté	03 88 37 37 37
<u>TOULOUSE</u>	Midi-Pyrénées, Limousin	05 61 77 74 47

Résumés des conversations téléphoniques, échange de mail et consultation de sites internet

Angers

Conversation téléphonique avec le Docteur Harry, responsable du CAP-TV d'Angers (CHU d'Angers) PaHarry@chu-angers.fr

Il n'y a pas de réseau informatique actuellement entre les CAP. D'où l'impossibilité d'avoir des données nationales.

Rennes

Conversation téléphonique avec M. Caubet

Les données réelles ne sont pas disponibles du fait du type d'informatisation actuelle. Une estimation pour la région Bretagne est d'environ 800 à 1000 appels/an pour les

intoxications aux insecticides (2 à 3/jour) principalement en été (à comparer à 3 ou 4 par semaine pour les pesticides agricoles mais il faut bien remarquer que les agriculteurs n'appellent que pour des symptômes graves alors que les particuliers appellent même pour une étiquette suspecte).

Ce sont surtout les enfants qui sont concernés. La gravité est plus ou moins importante : léchage de plaquette antimoustique, pulvérisation au dessus d'un berceau, absorption de grandes quantités dans le but de se suicider...

Différences entre urbain et rural. En urbain, on appelle beaucoup plus surtout dans l'agglomération de Rennes (proximité du CAP). Plus on s'éloigne de Rennes et plus on va en rural, plus les gens appellent leur médecin ou leur pharmacien. Il est donc très dur de déterminer l'importance réelle des intoxications aux insecticides. Il est à noter aussi que la majorité des insecticides étant principalement des pyréthrinoïdes, les intoxications accidentelles sont beaucoup moins graves que par le passé. Il reste malgré tout un grand nombre d'intoxications dues à l'utilisation de produits destinés à l'agriculture en milieu domestique rural : ce sont surtout des problèmes d'odeurs et d'intoxication des animaux domestiques (chiens et chats se léchant les pattes).

Bordeaux

Mail de Françoise PENOUIL

« Bonjour,

Comme convenu, je vous fais parvenir les données du CAP de Bordeaux que j'ai pu rechercher facilement et rapidement concernant l'année 2005 et qui englobent l'ensemble des insecticides car il aurait été trop long de prendre produit par produit puisque nous n'indiquons pas les classes.

Nombre total d'appels en 2005 : 11510

Nombre d'appels concernant les insecticides : 558

Les circonstances :

- accidentelle 449, TS: 37; demande de renseignement: 64 ; professionnelle : 8

Les symptomatologies : nulle 358 - présente 200

- avec troubles neuro: 83
 - troubles digestifs: 60
 - troubles respiratoires: 27
 - troubles ORL: 29
 - troubles cutanés: 28
 - et autres

Les traitements ont été les suivants :

- pas de traitement : 309
- surveillance médicale : 161
- traitement symptomatique : 188
- hospitalisation : 86

Pour l'origine des appels je n'ai que le département.

J'espère que ces renseignements pourront vous aider.

Françoise Penouil »

Lille

Les données que nous avons pu recueillir proviennent du Rapport annuel 2004 du CAP du CHU de Lille (Dr Monique MATHIEU, Chef de service).

Dans l'annexe 3 de ce document, les produits responsables des intoxications en 2004 sont listés. Dans un premier tableau, la répartition générale des agents étiologiques par âge nous est donnée.

Les deux catégories qui peuvent nous intéresser sont **Produits de jardinage, pesticides** et **Produits agricoles**. Ces produits représentent 1068 intoxications, soit un peu plus de 3% du total de 2004.

Code		< 1	1 à 4 ans	5 à 9 ans	10 à 14 ans	15 à 19 ans	20 à 29 ans	30 à 39 ans	40 à 49 ans	50 à 59 ans	60 à 69 ans	70 à 79 ans	80 à 89 ans	90 à 99 ans	> 100 ans	Non spécifié	TOTAL
A	Médicaments	562	6328	664	1040	2216	2594	2921	2503	1473	511	442	261	68	5	289	21777
C	Produits commerciaux (ménagers, bricolage, industriels)	300	3948	672	440	470	1129	1098	864	593	242	217	119	30		497	10619
E	Produits d'hygiène corporelle	56	762	47	26	32	48	19	20	20	10	13	17	6		19	1095
F	Produits de jardinage, pesticides	22	269	40	27	22	51	81	74	60	30	21	6	1		30	742
G	Produits agricoles	5	72	29	8	9	49	48	25	24	22	24	5	1		5	326
H	Drogues et stupéfiants	22	45	2	4	39	68	48	10	1						4	243
I	Produits alimentaires	26	152	47	36	74	297	484	421	215	45	14	5	1		49	1866
J	Produits de self défense	1	14	7	9	15	9	14	3	3	2	1				3	81
K	Contaminant de l'environnement		1				9	10	5	1		1				10	37
M	Champignons	3	64	17	8	4	9	13	8	18	8	5		1		11	169
P	Plantes et végétaux	174	612	109	22	12	10	16	24	26	10	5	4			14	1038
Q	Animaux	4	30	24	16	7	22	35	24	24	11	3	3	1		10	214
X	Divers	20	125	36	24	20	160	113	58	36	14	2	3			27	638
Y	Non classés - inconnus	13	74	14	16	24	38	42	22	14	4	5	1			13	280
	TOTAL	1208	12496	1716	1676	2844	4493	4942	4061	2508	909	753	424	109	5	981	39125

Le rapport indique que malgré ce faible pourcentage, leur potentiel toxique est très élevé. Un second tableau reprend les deux catégories qui nous préoccupent, en indiquant plus précisément les produits concernés.

Code	Type de produits agricoles et de jardinage	< 1 an	1 à 4 ans	5 à 9 ans	10 à 14 ans	15 à 19 ans	20 à 29 ans	30 à 39 ans	40 à 49 ans	50 à 59 ans	60 à 69 ans	70 à 79 ans	80 à 89 ans	90 à 99 ans	> 100 ans	Non spécifiés	TOTAL
FA01	Herbicides - désherbants		20	6	11	3	13	16	16	20	14	5	1			5	130
FA02	Algicides		3		1	1		2								1	8
FB01A	Acaricides			1	1		2	1	2	1	1	1					10
FB01B	Insecticides	15	132	23	12	10	19	32	20	24	9	8	3	1		8	312
FB01D	Molluscides	1	15	1				1	3	1		2				7	31
FB01E	Nématicides						3	4	4		2	1					14
FB02C	Rodenticides	6	90	15	1	8	12	17	24	7	1	3	1			8	193
FC	Fongicides		9	2	1		2	8	5	7	3	3	1			3	44
GQ	Engrais	5	59	24	7	7	45	34	20	19	19	19	5	1		5	269
GM	Conservateurs agricoles		3	2		1	1	6	3	3	3	3					25
G	Autres		10	3	1	1	3	8	2	2		2					32
	TOTAL	27	341	77	35	31	100	129	99	84	52	45	11	2	-	35	1068

Avec 312 intoxications à leur actif en 2004, les insecticides sont les produits agricoles et de jardinages les plus présents.

Lyon

Il est techniquement impossible d'obtenir des valeurs par substances car classification des appels par nom de produit commercial.

La classification par substances a été faite à Lyon entre 1990-1999 mais le bug de l'an 2000 a été fatal à la base de données informatique.

Marseille

Plus d'appels en été mais malgré tout, appels durant toute l'année pour des intoxications aux pesticides.

Raisons des appels :Bombes, plaquettes mâchouillés, problème d'odeurs lors d'intervention de professionnel.

Gravité : exceptionnel, surtout grave quand produits professionnel ramené au domicile
→ Enfants, asthmatiques

Pas de différence d'appel entre Marseille et le reste de la région, à première vue

Paris et Nancy

Conversation téléphonique avec Gaetan Guyodo ingénieur informatique des centres antipoisons (01 40 05 49 63 MAIL : gaetan.guyodo@lrb.aphp.fr)

Un travail sur 1 an sur les centres AP (paris et nancy) a été réalisé après mise en place d'un réseau informatique avec tri.

Malheureusement les données ne nous ont pas été envoyées.

Strasbourg

Chiffres 2000 – 2005 sauf 2004 obtenues par téléphone

Toutes origines confondues (10% professionnel max)

2000 : 280 intox soit 4% des appels

2001 :305 intox soit 4% des appels

2002 : 283 intox soit 4% des appels

2003 : 307 intox soit 4% des appels

2005 : 280 intox soit 4% des appels

Enfants

2002 : 110 intox soit 3% des appels pour enfants

2003 : 152 intox soit 4% des appels

2005 : 117 intox soit 3% des appels

Souvent pour plantes d'appartement mais pas quantifiable.

Toulouse

Me recontacte par mail ou poste

Centre antipoison vétérinaire de Lyon

04 78 87 10 40 66

De nombreux cas de chats ayant des convulsions pour des petites doses de produits à base de pyréthrinoïdes.

Annexe V : SYMPTOMES D'INTOXICATIONS AIGUËS

- Organochlorés

La toxicité aiguë des insecticides organochlorés se traduit par une stimulation du système nerveux central entraînant des convulsions épileptiformes, des changements de comportement, une perturbation de l'équilibre et des sensations, la dépression de centres vitaux, spécialement ceux contrôlant la respiration. A plus fortes doses, nausées et vomissements peuvent apparaître. Cette neurotoxicité est souvent responsable de la mort lors d'intoxications massives. La période de latence entre la prise du toxique et l'apparition des symptômes varie de quelques minutes à plusieurs heures. Des intoxications au lindane ont provoqué une rhabdomyolyse* qui peut être la conséquence de convulsions, ou, très rarement, de troubles sanguins (anémies ou leucopénies d'origine centrale).

Les effets immunologiques, rénaux et sur le développement embryofœtal, observés en laboratoire sur les animaux, n'ont pas été mis en évidence chez l'homme. Toutefois, chez l'homme, des expositions à de trop fortes doses (toxicité aiguë), illustrées généralement par les cas d'intoxications massives, sont rares et ne se produisent pas forcément sur des populations sensibles ou particulières (comme par exemple la femme enceinte). Certains de ces effets, et particulièrement les effets sur le développement, ne peuvent donc pas être écartés au regard de l'absence de données.

- Organophosphorés

Comme chez l'animal, l'inhibition de l'acétylcholinestérase conduit à une accumulation d'acétylcholine dans l'organisme, responsable d'une hyperactivité du système nerveux central, parfois de paralysies et en cas d'intoxication massive, la mort peut survenir en quelques minutes. La récupération de l'intoxication est lente.

Enfin, certains esters organophosphorés peuvent produire, 10 à 14 jours après une administration unique, une neuropathie retardée, caractérisée par une ataxie et une paralysie flasque des extrémités. BOUVIER G. Thèse : Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides. Université René Descartes - Paris V. Décembre 2005.

- Carbamates

Les carbamates étant aussi responsables de l'inhibition de l'acétylcholinestérase, ils produisent une hyperactivité du système nerveux central. Mais contrairement aux organophosphorés, la régénération de l'acétylcholinestérase est relativement rapide. Les autres symptômes observés pour les organophosphorés ne se produisent donc pas.

- Pyréthrinoïdes

Ils peuvent provoquer des dermatites de contact et des irritations de la peau (démangeaisons, sensations de brûlures), parfois des manifestations d'allergie respiratoire, des paresthésies, des problèmes digestifs (douleurs, vomissements, diarrhée) et neuromusculaires. En cas d'intoxication massive, des manifestations nerveuses (système nerveux central), excitation, fibrillations, convulsions peuvent se produire. Ils seraient également toxiques pour le système nerveux périphérique. En cas d'intoxication aiguë, lorsque la prise en charge est rapide, le pronostic est bon avec guérison sans séquelle généralement. Des séquelles neurologiques (troubles mentaux, polyneuropathies, déficit immunitaire) sont toutefois possibles. La mort peut survenir à la suite de convulsions généralisées et/ou d'un coma.

- Fipronil (Pyrazol)

Les centres antipoison et de toxicovigilance français ont recensé 458 cas d'intoxication imputés à des produits à base de fipronil entre 1994 et 2005. Parmi ces cas, des intoxications aiguës par inhalation, ingestion et contact cutané (avec des animaux traités principalement) ont été relevés. Ces situations concernent majoritairement des enfants mais aussi des adultes, elles sont soit accidentelles soit volontaires (acte de suicide). Les symptômes sont souvent inexistantes mais des nausées, des vomissements, des douleurs oesophagiques et gastriques et des éruptions cutanées ont été relevées. (Cf. annexe).