# ECOLE NATIONALE DE LA SANTE PUBLIQUE

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**Formation des Ingénieurs du Génie Sanitaire**

**2000-2001**

# DETERMINATION DES PARAMETRES PERMETTANT D'IDENTIFIER LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES SUSCEPTIBLES D'AVOIR LES IMPACTS SUR LA SANTE PUBLIQUE LES PLUS IMPORTANTS EN FRANCE

**Présenté par :**
Karine BLOT
Ingénieur E.N.S.C.R.

**Lieu de stage :**
E.N.S.P.

**Accompagnant professionnel :**
M. Denis BARD, E.N.S.P.

**Référent pédagogique :**
M. Denis BARD, E.N.S.P.

« L'École Nationale de la Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs. »

# Remerciements

Ce mémoire a pu être réalisé grâce à la disponibilité d'un grand nombre de personnes qui m'ont guidée et consacré du temps au cours de ce stage.

Je tiens à remercier en particulier :

- M. Denis Bard
- M. Marcel Guiho, de la DIREN de Bretagne
- Thierry Panaget, Ingénieur d'Etudes Sanitaires à la DRASS de Bretagne
- Mickaël Laurent de la Maison de la Consommation et de l'Environnement
- Le Docteur Pierre Lebailly et toute son équipe
- Le Laboratoire LERES, E.N.S.P.
- Le département EGERIES, E.N.S.P.
- L'UIPP
- Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air de l'INERIS
- M. Jeannot du Bureau Recherches Géologiques Minières
- Geneviève Baumont et Geneviève Golaszewski du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
- Florence Laubier et Olivier Michel du SRPV de Bretagne
- L'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

# Résumé

En 2001, 926 substances actives de produits phytosanitaires sont homologuées en France dont environ 500 sont réellement utilisées dans environ 3 400 spécialités commerciales. Cependant, l'exposition de la population française ne se limite pas aux substances utilisées en France. Elle doit aussi prendre en compte les substances actives utilisées à l'étranger qui se retrouvent dans les denrées d'importation ou sont véhiculées par l'air ou l'eau en provenance d'autres pays.

Les dossiers d'Autorisation de Mise sur le Marché des produits phytosanitaires exigent des recherches toxicologiques de plus en plus poussées et devraient théoriquement permettre de caractériser tous les dangers des substances actives. Néanmoins, même après la mise sur le marché d'une substance active, il arrive que des effets nouveaux de toxicité apparaissent sans pour autant réussir à établir une relation de cause à effet entre la substance incriminée et l'effet observé.

Le but de ce travail est d'examiner les paramètres clés à prendre en compte afin d'établir des priorités de santé publique, dans la mesure où ils se basent sur l'impact potentiel des pesticides sur la santé des individus. Dans cette optique, les questions suivantes se posent : à quelles substances présentant des effets toxiques sont potentiellement exposés les individus, à quelles doses et dans quel(s) compartiment(s) de l'environnement.

Après avoir recherché les sources de données existantes sur les substances actives, sur leurs propriétés physicochimiques et sur leur toxicité, nous proposons des éléments de méthodologie qui pourraient permettre, dans le futur, d'obtenir un classement des substances actives dont l'impact potentiel sanitaire serait le plus grand. Ainsi, les substances à effets cancérigènes stochastiques avérés, probables ou possibles et dont le risque unitaire par voie orale et/ou par inhalation aura été estimé seraient prioritaires. L'indicateur « tonnages x persistance » permettrait en premier abord de caractériser l'exposition potentielle de la population. En utilisant le même indicateur, les effets déterministes des substances seraient aussi pris en compte en cas d'exposition potentielle élevée.

# Abstract

The marketing authorization files of plant protection products are increasingly demanding regarding toxicological endpoints. Theoretically, they should discuss and being reassuring over active substances possible health risks. Nonetheless, even after pesticides have been in use, some of them may become suspect of being responsible of unexpected health effects, e.g. endocrine disruption.

Then, there is no absolute certainty that any product is really safe. And those products allegated as acting without dose-threshold (i.e. genotoxic cancerogens) could certainly not be considered so.

The aim of this methodological work is to examine the key parameters to be taken into account to help to set up public health priorities, inasmuch as they are based on the possible impact of pesticides on people's health. In this respect, the following questions should be raised : to which active substances are people potentially exposed, to which hazards are they possibly, probably or certainly associated, at what dose levels and from which compartment(s) of the environment ?

After having sought existing data sources about pesticides, their physicochemical properties and their associated hazards, some elements of methodology can be proposed allowing a first approach of active substances whose potential health impacts are the greatest. In that way, cancerogen substances with certain, probable or possible stochastic effects and whose air unit risk or/and drinking water unit risk have been evaluated would be of high priority. The indicator « Tonnage x persistence » could be a first step in assessing people's potential exposure. Using the same tool, determinist effects of active substances should also be taken into account only if there is a potential high exposition.

# Sommaire

**INTRODUCTION ..... 1**

**1 - SUBSTANCES ACTIVES ET SPÉCIALITÉS COMMERCIALES ..... 3**

**1.1 Définitions ..... 3**

1.1.1 Pesticides à usage agricole ..... 3

1.1.2 Pesticides à usage non agricole ..... 4

**1.2 Métabolites et adjuvants toxiques ..... 4**

1.2.1 Présentation des métabolites et des adjuvants ..... 4

1.2.2 Toxicité des métabolites et des adjuvants ..... 5

**2 - SOURCES DE DONNÉES ..... 6**

**2.1 Recensement des substances actives ..... 6**

2.1.1 Substances actives actuellement utilisées en France ..... 6

2.1.2 Substances actives qui ne sont plus homologuées en France mais utilisées par le passé ..... 8

2.1.3 Substances actives utilisées à l'étranger ..... 9

2.1.4 Caractéristiques physicochimiques des substances actives ..... 10

2.1.5 Persistance des substances actives ..... 13

**2.2 Identification des dangers ..... 13**

2.2.1 Toxicité à court terme ..... 13

2.2.2 Toxicité à moyen et long terme ..... 14

**2.3 Tonnages des substances actives ..... 22**

2.3.1 Services de l'Etat ..... 23

2.3.2 Données tonnages fournies par l'UIPP ..... 23

**2.4 Récapitulatif des sources de données recensées ..... 24**

**3 - STRATÉGIE DE SÉLECTION DES SUBSTANCES ACTIVES ..... 25**

**3.1 Substances cancérigènes à effets stochastiques ..... 25**

**3.2 Autres effets toxiques des substances actives ..... 27**

**3.3 Données utilisables pour évaluer les doses et les expositions ..... 28**

3.3.1 Exposition par l'alimentation ..... 28

3.3.2 Exposition par l'eau ..... 30

3.3.3 Exposition par l'air ..... 32

3.3.4 Tonnages et persistance des substances actives ..... 35

3.3.5 Epidémiologie descriptive ..... 40

**CONCLUSION ..... 41**

**BIBLIOGRAPHIE ..... 44**

# Liste des sigles utilisés

| | |
|---|---|
| 2,4-D | acide 2,4-Dichlorophénoxyacétique |
| 2,4,5-T | acide (2,4,5-Trichlorophénoxy)acétique |
| ACTA | Association de Coordination Technique Agricole |
| ADI | Acceptable Daily Intake |
| AFSSA | Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments |
| AMM | Autorisation de Mise sur le Marché |
| ATSDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| BCPC | British Crop Protection Council |
| BPA | Bonnes Pratiques Agricoles |
| CEPA | Canadian Environmental Protection Act |
| CIRC | Centre International de Recherche sur le Cancer |
| CREDOC | Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie |
| DBCP | DiBromoChloroPropane ou 1,2-DiBromo-3-ChloroPropane |
| DDASS | Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales |
| DGAL | Direction Générale de l'ALimentation |
| DGCCRF | Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes |
| DGS | Direction Générale de la Santé |
| $DL_{50}$ (ou $CL_{50}$) | dose (ou concentration) qui provoque la mort chez la moitié - statistiquement - de la population soumise au toxique |
| $DT_{50}$ | durée de demi-vie d'une substance dans le sol i.e temps au bout duquel il reste, statistiquement, la moitié de la quantité initiale d'une substance dans le sol |
| $DT_{90}$ | temps au bout duquel il reste, statistiquement, 10 % de la quantité initiale d'une substance dans le sol |
| EINECS | European INventory of Existing commercial Chemical Substances |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| EXTOXNET | EXtension TOXicology NETwork |
| H | constante de Henry |
| HCB | HexaChloroBenzène |
| HAP | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| HPVC | High Production Volume Chemicals |
| IBS | Inhibiteurs de la Biosynthèse des Stérols |
| INERIS | Institut National de l'Environnement industriel et des RISques |
| INRA | Institut National de Recherche Agronomique |

| | |
|---|---|
| IOMC | Inter-Organization programme for the sound Management of Chemicals |
| IPCS | Programme International sur la Sécurité des Produits Chimiques |
| IRIS | Integrated Risk Information System |
| ITER | International Toxicity Estimates for Risk |
| IUCLID | International Uniform Chemical Information Database |
| LMR | Limites Maximales en Résidus |
| LOAEL | Lowest Observed Adverse Effect Level |
| LPVC | Low Production Volume Chemicals |
| MATE | Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement |
| MPRs | Maximum Permissible Risks |
| MRLs | Minimal Risk Levels |
| MSA | Mutualité Sociale Agricole |
| NIH | Institutions Nationales de la Santé |
| NOAEL | No Observed Adverse Effect Level |
| NTP | Programme National de Toxicologie américain |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| OPP | Office of Pesticide Programs |
| P ou $K_{ow}$ | coefficient de partage octanol/eau |
| PAN | Pesticide Action Network |
| PCB | PolyChloroBiphényles |
| PIPs | Pesticide Information Profiles |
| PISSC | Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques |
| POEA | Amine PolyOxyEthylène |
| POP | Polluants Organiques Persistants |
| RfCs | inhalation Reference Concentrations |
| RfDs | oral Reference Doses |
| RIVM | Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas |
| SIRIS | Système d'Intégration des Risques par Interaction de Scores |
| SRPV | Service Régional de Protection des Végétaux |
| SVD | Services Vétérinaires Départementaux |
| TGAP | Taxe Générale sur les Activités Polluantes |
| TIBs | Toxicology Information Briefs |
| TICs | Toxicology Issues of Concern |
| UE | Union Européenne |
| UIPP | Union des Industries de la Protection des Plantes |

# INTRODUCTION

Avec les engrais, l'irrigation, l'amélioration des semences et le développement du machinisme, les produits phytosanitaires sont l'une des méthodes trouvées pour augmenter les rendements, limiter les irrégularités de production liées aux grandes catastrophes parasitaires, protéger les réserves alimentaires, nourrir ceux qui ont faim, …

En principe, une molécule est mise sur le marché parce qu'elle satisfait un certain nombre de conditions d'examen (principalement en terme de toxicité). Cependant, on voit en même temps apparaître des effets nouveaux qui n'étaient pas encore apparus lors de l'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM). Par exemple, en 2000, de nouvelles études toxicologiques sur des rats vont dans le sens d'une association entre pesticides et maladie de Parkinson, sans aller jusqu'à affirmer que le pesticide testé (en l'occurrence, la roténone) soit responsable de cette maladie chez les humains [1, 2].

En 1960, vingt ans après l'apparition des produits phytosanitaires sur le marché, les premières accusations d'atteinte à la santé des individus se font entendre [3]. Citons par exemple les troubles de la fertilité masculine et de la spermatogenèse.

On peut estimer d'entrée que plusieurs centaines de pesticides sont actuellement sur le marché, soit plusieurs milliers de spécialités commerciales.

L'objectif du travail présenté s'inscrit dans une démarche d'évaluation de l'impact des pesticides sur les individus à partir des expositions environnementales, dans un contexte de risque allégué pour la santé des individus et de grande variété des molécules en cause. Dans une logique de décision en santé publique, il s'agit de déterminer des priorités d'action. Ce travail vise à proposer des **éléments de méthodologie** permettant de déterminer une liste de produits phytosanitaires ayant l'impact de santé publique le plus important en France, et non d'aboutir à la constitution d'une telle liste. Le délai imparti pour la réalisation de ce travail ne peut en effet suffire. Quatre points d'entrée s'imposent :

- Le premier consiste à établir la liste des pesticides. Cette liste comprend deux types de molécules : d'une part, les pesticides actuellement utilisés et responsables des expositions présentes et futures des populations ; d'autre part, les pesticides qui ne sont plus utilisés actuellement mais qui peuvent être responsables d'effets sur la santé dans le passé, le présent et le futur ou ont pu l'être dans le passé ;

- Le deuxième permet de sélectionner les pesticides qui seront le plus vraisemblablement responsables des expositions les plus importantes. On s'intéressera alors au tonnage et à la persistance des pesticides ;
- Dans le troisième point d'entrée, l'établissement des caractéristiques physicochimiques permet de faire le lien entre la deuxième et la quatrième étape ;
- Enfin, le quatrième point d'entrée relève d'une stratégie d'évaluation des risques. Il prend en compte les dangers connus et documentés associés à l'exposition à une molécule donnée, à partir des résultats toxicologiques et épidémiologiques disponibles. L'examen de la littérature permettra également de déterminer ce qui est documenté sur les relations dose-effet, les voies et les niveaux d'exposition des populations.

Pour chacun de ces quatre points d'entrée, la bibliographie existante sur les pesticides sera examinée. Les manques de données au moment de la rédaction de ce mémoire seront ainsi mis en évidence. L'apport de l'interrogation de personnes ressources sera également discutée.

Il est important de souligner que les trois derniers points cités précédemment suivent un processus itératif. Par exemple, il peut apparaître qu'un produit phytosanitaire soit utilisé en faible tonnage mais sa toxicité particulièrement importante fera qu'il sera intégré dans la liste des produits phytosanitaires les plus porteurs de risque pour la santé publique. Ainsi, un pesticide qui n'aurait pas été retenu en raison de son faible tonnage se verra affecter un potentiel d'impact sanitaire plus important.

On peut s'attendre à obtenir une littérature abondante mais incomplète. Pour servir nos objectifs, il sera donc proposé une stratégie d'accès à l'information qui permette de tirer le meilleur parti de la bibliographie et des connaissances des personnes ressources.

# 1 - SUBSTANCES ACTIVES ET SPECIALITES COMMERCIALES

## 1.1 DEFINITIONS

Les pesticides peuvent être destinés à plusieurs usage : agricole et non-agricole. La réglementation est différente selon l'usage qui en est fait.

### 1.1.1 Pesticides à usage agricole

Il existe plusieurs dénominations pour désigner un pesticide à usage agricole : produit phytosanitaire pour les firmes qui les fabriquent et les vendent, produit phytopharmaceutique pour la réglementation européenne[1], produit agropharmaceutique pour les scientifiques agronomes. Toutes se rapportent au même concept, mais elles peuvent toutes aussi bien désigner la substance active responsable de l'action visée que la spécialité commerciale (ou préparation) renfermant la substance active et vendue à l'utilisateur.

Au sens de la directive 91/414/CEE du Conseil du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques, on appelle :

- **Substances actives** les substances ou micro-organismes, y compris les virus, qui exercent une action générale ou spécifique sur les organismes nuisibles ou sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux.
- **Préparations** les mélanges ou solutions composées de deux ou plusieurs substances, dont au moins une substance active, destinés à être utilisés comme produits phytopharmaceutiques.
- **Produits phytopharmaceutiques** 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 et qui sont destinées à:
    - Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles ou à prévenir leur action, pour autant que ces substances ou préparations ne soient pas autrement définies ci-après ;

[1] Directive 91/414/CEE du Conseil, du 15 juillet 1991, concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques

- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (par exemple, les régulateurs de croissance) ;
- Assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs ;
- Détruire les végétaux indésirables, ou ;
- Détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux.

### 1.1.2 Pesticides à usage non agricole

Les pesticides à usage non agricole sont appelés « produits biocides » (anciennement appelés « pesticides à usage non agricole »). 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, les produits biocides 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 (anti-poux, anti-puces, …).

## 1.2 METABOLITES ET ADJUVANTS TOXIQUES

### 1.2.1 Présentation des métabolites et des adjuvants

Dans une spécialité commerciale, un certain nombre d'adjuvants, des solvants, des ingrédients inertes, des substances résiduelles sont associés à la substance active. Les adjuvants peuvent être de plusieurs types [4] :

- Agents mouillants qui réduisent la tension superficielle de l'eau et permettent à la gouttelette de bien couvrir la surface de l'organisme nuisible ;
- Emulsifiants qui favorisent un bon mélange entre le pesticide et de l'eau ;
- Agents adhésifs qui permettent de faire adhérer le pesticide sur la surface traitée ;

- Agents anti-moussants qui préviennent la formation de mousse dans le réservoir lors de l'agitation ;
- Agents épaississants qui réduisent le fractionnement des gouttelettes. En les empêchant de devenir trop petites, ces agents diminuent les risques de dérive ;
- Agents activateurs qui facilitent l'absorption du pesticide dans la cuticule de l'insecte ou au niveau des feuilles ;
- Agents de prolongation qui servent à prolonger l'activité du pesticide ;
- Agents anti-agglutinants qui maintiennent une bonne dispersion du pesticide dans le mélange ;

Une fois la spécialité commerciale appliquée sur la culture à traiter, la substance active pénètre dans la plante et/ou dans le sol. Dès qu'ils ont atteint le sol ou la plante, les pesticides commencent à disparaître : ils sont dégradés ou sont dispersés. Les substances actives peuvent se volatiliser, ruisseler ou être lessivées et atteindre les eaux de surface ou souterraines, être absorbées par des plantes ou des organismes du sol ou rester dans le sol.

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 de la substance active sera incomplète et aboutira à la formation de composés secondaires appelés métabolites.

### 1.2.2 Toxicité des métabolites et des adjuvants

Les métabolites et les adjuvants peuvent présenter une toxicité non négligeable par rapport à celle de la substance active. En ce qui concerne les métabolites, leur toxicité est très souvent renseignée dans les dossiers d'homologation des produits phytosanitaires, sous réserve qu'ils soient identifiés et quantifiables par les laboratoires d'analyse de pesticides.

Par contre, pour les adjuvants, l'étiquetage d'une spécialité commerciale ne renseigne que sur le nom de la substance active contenue dans la préparation et la littérature scientifique demeure très pauvre sur ce sujet. Seules quelques spécialités commerciales ont fait l'objet de vives critiques par des associations de défense de l'environnement. Notamment, l'association Eaux et Rivières de Bretagne a mis en index la spécialité commerciale « Round up » contenant, outre le glyphosate comme substance active, un surfactant, l'amine polyoxyéthylène (POEA), dont la $DL_{50}$ est trois fois inférieure à celle du glyphosate, soit une toxicité aiguë trois fois plus élevée.

Une spécialité commerciale peut donc s'avérer beaucoup plus toxique et dangereuse pour l'environnement que la substance active elle-même. Cependant, au vu du manque de données sur les adjuvants, il est impossible par la suite de considérer la spécialité commerciale dans son ensemble pour caractériser l'impact sanitaire des produits phytosanitaires. L'étude se limitera par conséquent aux substances actives, sauf si des informations supplémentaires mettent en lumière des adjuvants de toxicité connue. De même, dans la mesure où des métabolites sont identifiés et renseignés sur leur toxicité, ils seront intégrés dans l'étude.

# 2 - SOURCES DE DONNEES

## 2.1 RECENSEMENT DES SUBSTANCES ACTIVES

Les substances actives qui vont être prises en considération se décomposent en 3 classes :

- Substances actives actuellement utilisées en France ;
- Substances actives qui ne sont plus homologuées en France mais qui ont été utilisées par le passé ;
- Substances actives utilisées à l'étranger.

### 2.1.1 Substances actives actuellement utilisées en France

Deux sources de données permettent de répertorier les substances actives actuellement utilisées en France :

- **L'Index phytosanitaire ACTA (Association de Coordination Technique Agricole) 2001** est le principal outil pour établir la liste des substances actives actuellement utilisées en France. C'est un répertoire de produits phytosanitaires qui décrit toutes les substances actives commercialisées ainsi que toutes les spécialités commerciales qui en contiennent. Il en résulte que toutes les spécialités autorisées à la vente ne sont pas répertoriées, puisque des substances homologuées peuvent ne pas être commercialisées. Ce sont néanmoins les substances commercialisées (et donc utilisées) qui nous intéressent. L'inclusion de spécialités commerciales dans l'Index est assujettie à la participation des fabricants de produits phytosanitaires à l'élaboration de l'Index. L'Index ne constitue donc pas une liste exhaustive des substances actives utilisées. Néanmoins, la renommée, la qualité et la quasi-exhaustivité de l'Index en font un outil incontournable pour les utilisateurs en général et les laboratoires d'analyse de pesticides.

Un fabricant de pesticides « omettant » de participer à l'élaboration de l'Index n'y trouverait donc pas son intérêt commercial. La liste de tous les fabricants ayant concouru à l'élaboration de l'Index sont par ailleurs cités dans l'Index. Les substances actives sont réparties en six grands chapitres :

- Insecticides, acaricides ;
- Fongicides ;
- Associations ;
- Herbicides ;
- Moyens biologiques ;
- Produits divers.

A l'aide de trois listes situées en fin d'ouvrage, la recherche d'une substance active ou d'une spécialité commerciale peut s'effectuer selon trois critères :

- Par culture et par usage (on y retrouve les substances actives autorisées) ;
- Liste alphabétique des spécialités commerciales ;
- Liste alphabétique des substances actives et des associations (Tableau 1).

**Tableau 1 : Substances actives et spécialités commerciales recensées dans l'Index phytosanitaire ACTA 1999[2] [5]**

| Nombre de substances actives | Nombre de spécialités commerciales contenant une substance active | Nombre de spécialités commerciales contenant 2 (ou plus) substances actives | Nombre total de spécialités commerciales |
|---|---|---|---|
| 525 | 2421 | 979 | 3400 |

- La base de données **e-phy** établie par le Ministère de l'Agriculture français est disponible sur Internet à l'adresse : http://www.agriculture.gouv.fr/e-phy/actu/accueil.asp [6]. C'est le catalogue officiel des produits phytopharmaceutiques sur Internet. e-phy recense toutes les substances actives et toutes les spécialités commerciales correspondantes

[2] L'Index ACTA 2001 n'étant pas disponible à la date de rédaction du mémoire, les données sont établies par rapport à l'Index ACTA 1999.

actuellement homologuées. En 2001, la base e-phy compte 926 substances actives et 8 056 spécialités commerciales homologuées. Contrairement à l'Index phytosanitaire ACTA, e-phy ne permet pas de connaître les utilisations réelles.

Finalement, l'Index phytosanitaire ACTA 2001 est le plus adapté à notre étude.

### 2.1.2 Substances actives qui ne sont plus homologuées en France mais utilisées par le passé

Leur prise en considération dans l'inventaire des substances actives est motivée par :

- leur persistance élevée, et/ou ;
- les effets chroniques qu'elles entraînent sur la santé, maintenant et/ou dans le futur.

Il existe plusieurs moyens complémentaires pour les répertorier :

- La réglementation française retirant l'homologation de certaines substances actives ;
- Les Index phytosanitaires ACTA des années 19 ? ? à 2000, par comparaison avec l'Index 2001.

La difficulté majeure est d'identifier la cause de retrait d'une substance active du marché des produits phytosanitaires. Une substance active pourra être retirée pour plusieurs raisons :

- Elle s'avère insuffisamment efficace par rapport à l'objectif fixé, ou ;
- La cible à éliminer développe une résistance à la substance active, ou ;
- La spécialité commerciale renfermant la substance active ne montre pas les résultats financiers escomptés et la procédure d'homologation n'est pas reconduite par la société détentrice du produit ;
- De nouveaux résultats scientifiques indiquent une nouvelle toxicité de la substance active jusque-là méconnue.

#### 2.1.2.1 Les Polluants Organiques Persistants

Le Programme International sur la Sécurité des Produits Chimiques (IPCS) a rédigé un rapport d'évaluation intitulé « Les Polluants Organiques Persistants » à l'intention du Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques (PISSC), dans le cadre du Programme interorganisations de gestion écologiquement rationnelle des produits chimiques (« *Inter-Organization programme for the sound Management of Chemicals* », IOMC) [7].

Les Polluants Organiques Persistants (POP) sont des composés organiques qui, à des degrés divers, résistent à la dégradation photolytique, biologique et chimique. A ce jour, les POP officiellement retenus par l'IPCS (et la convention de Stockholm) comprennent 12 molécules ou catégories de molécules : le DDT, l'aldrine, la dieldrine, l'endrine, le chlordane, l'heptachlore, l'hexachlorobenzène, le mirex, le toxaphène, les PolyChloroBiphényles (PCB), les dioxines et les furanes. Seules les 9 premières molécules qui sont des insecticides organochlorés de la première génération nous intéressent ; les 3 derniers ne rentrent pas dans le cadre de ce travail.

Les POP, pour la plupart halogénés, se caractérisent par une faible solubilité dans l'eau, une solubilité élevée dans les lipides et une persistance élevée dans l'environnement. Ils peuvent donc être bioaccumulés et bioamplifiés dans les tissus adipeux. Par ailleurs, les POP qui ont une grande semi-volatilité peuvent exister sous forme de vapeur ou être adsorbés sur des particules dans l'atmosphère, ce qui facilite leur transport sur de longues distances dans l'atmosphère. Ainsi, à cause de leurs caractéristiques évoquées précédemment et d'autres de leurs propriétés, les POP se retrouvent partout sur la planète, même dans des régions où ils n'ont jamais été utilisés.

#### 2.1.2.2 Autres composés

D'autres substances actives de produits phytosanitaires utilisées par le passé peuvent être considérées. Ainsi, le lindane (γ-HCH, n° CAS 58-89-9) est un insecticide de la famille des organochlorés interdit à la vente depuis le 1er mars 1998 et interdit d'usage depuis le 1er juillet 1998. C'est un composé persistant dans l'environnement et bioaccumulable dans les tissus adipeux. Il est classé par le CIRC en cancérigène possible (groupe 2B). Les études toxicologiques sont à l'heure actuelle suffisantes pour suspecter le lindane d'être toxique pour l'homme, sans pouvoir l'affirmer avec certitude. Il est donc nécessaire de surveiller l'exposition des individus à ce composé.

Faute de temps, il ne sera pas proposé d'autres composés susceptibles d'être responsables d'effets sur la santé dans le passé, dans le présent ou dans le futur. Néanmoins, les composés utilisés par le passé cités dans ce rapport ne constituent certainement pas une liste exhaustive.

### 2.1.3 Substances actives utilisées à l'étranger

Les substances actives qui seront prises en compte seront :

- Les substances actives véhiculées par voie aérienne vers la France ;

- Les substances actives se trouvant à l'état de résidus dans les denrées d'importation.

La première catégorie concerne plus particulièrement les zones situées à proximité des frontières françaises et s'intéressera aux substances actives dont la persistance dans le sol est élevée et dont la constante de Henry est suffisante pour entraîner la volatilisation de la substance active. La constante de Henry H, rapport de la pression de vapeur à la solubilité dans l'eau, rend mieux compte du taux de volatilisation d'une substance que sa seule pression de vapeur. En effet, H est un coefficient de partage qui représente le rapport, à l'équilibre, entre la fraction molaire du produit dans l'air et sa fraction molaire dans l'eau. H caractérise la semi-volatilité d'une molécule.

La seconde catégorie intègre les substances actives homologuées à l'étranger mais pas en France et qui peuvent se retrouver à l'état de résidus dans les denrées d'importation. La Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) est responsable du suivi du plan national de surveillance de la contamination des denrées végétales par les résidus de pesticides. Dans ce cadre, elle veille à l'application du code de la consommation et à la sécurité du consommateur. A ce titre, elle mène des actions de contrôle pour s'assurer que les pesticides non autorisés ne sont pas utilisés et que les Limites Maximales en Résidus (LMR) sont bien respectées. Les prélèvements concernent les produits français et importés. La DGCCRF dispose par ailleurs d'une liste établissant les substances actives à rechercher.

### 2.1.4 Caractéristiques physicochimiques des substances actives

La principale source documentaire est « *The Pesticide Manual* », compendium international écrit par le BCPC (« *British Crop Protection Council* ») qui recense toutes les substances actives homologuées au niveau international [8]. Au niveau national, la base de données AGRITOX réalisée par l'INRA fournit les caractéristiques physicochimiques des substances actives entrant dans la composition des préparations phytosanitaires commercialisées en France [9]. Enfin, EXTOXNET est une base de données créée par 5 universités américaines consultable sur Internet [10] et qui n'a évalué à ce jour qu'une petite partie des pesticides utilisés dans le passé et/ou dans le présent.

#### 2.1.4.1 The Pesticide Manual - New twelfth edition

La douzième édition de « *The Pesticide Manual* » contient 812 entrées principales détaillées (« Main entries ») et 598 entrées réunissant des informations succinctes sur des pesticides qui ne sont plus commercialisés (« Superseded entries »).

Les entrées couvrent herbicides, fongicides, insecticides, acaricides, nématicides, substances de croissance, «herbicide safeners », répulsifs, «synergistes », phéromones, agents microbiens bénéfiques et invertébrés, rodenticides et ectoparasiticides animaux.

Les 812 entrées incluent, lorsque cela est approprié :

- Structure chimique, famille chimique et usage ;
- Nomenclature (y compris noms communs, dénominations IUPAC et Chemical Abstracts), nombre CAS, nombre CEE et code de développement ;
- Caractéristiques physicochimiques ;
- Données commerciales, y compris brevet, histoire et fabricant ;
- Mode d'action, biochimie, usages, type de formulation, noms commerciaux et mélanges ;
- Caractéristiques toxicologiques chez les mammifères ;
- Ecotoxicologie ;
- Devenir environnemental.

#### 2.1.4.2 Base de données AGRITOX

Dans le cadre du projet national sur la sécurité et la toxicité des produits chimiques, l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) s'est engagé, en 1986, à concevoir et à réaliser une base de données toxicologiques sur les substances actives entrant dans la composition des préparations phytosanitaires et à assurer sa mise à la disposition du public.

La base de données AGRITOX a été conçue et développée par le Département de Phytopharmacie et d'Ecotoxicologie et la Direction Informatique de l'INRA ; elle a été réalisée avec le soutien du Ministère de la Recherche et la collaboration de la Commission d'Etude de la Toxicité des Produits Antiparasitaires et de l'Union des Industries de la Protection des Plantes (UIPP).

AGRITOX est consultable sur Minitel (en mode Vidéotex), sur 3617 AGRITOX ; un service de messagerie permet aux usagers de poser des questions complémentaires, pour lesquelles ils reçoivent une réponse dans les 48 heures.

La base est mise à jour tous les 2 mois, après chaque séance plénière de la Commission d'Etude de la Toxicité des Produits Phytosanitaires : ces actualisations intègrent les nouvelles matières homologuées, les compléments d'information liés à des autorisations d'extension d'emploi et les nouveaux paramètres retenus.

Dans la rubrique « Données physicochimiques », la fiche consultable sur Minitel renseigne sur la tension de vapeur et la constante de Henry, les solubilités dans différents solvants, le coefficient de partage octanol/eau (P ou $K_{ow}$), la stabilité dans l'eau (hydrolyse à différents pH), la photolyse, le $pK_a$ et le $pK_b$[3].

#### 2.1.4.3 Extension Toxicology Network (EXTOXNET)

EXTOXNET est accessible via Internet à l'adresse : http://ace.orst.edu/info/extoxnet/

Les informations fournies par EXTOXNET sur la toxicologie des pesticides et sur la chimie environnementale comprennent :

- Des discussions sur les « *Toxicology Issues of Concern* » (TICs) ;
- Des bulletins de toxicologie (« *Toxicological Newsletters* ») ;
- Des brochures (« *Factsheets* ») ;
- Des descriptions de pesticides renseignant sur les effets des pesticides sur la santé et l'environnement (« *Pesticide Information Profiles* », PIPs) ;
- Des « *Toxicology Information Briefs* » (TIBs). Les TIBs sont des descriptions sommaires de sujets relatifs aux pesticides, tels que la cancérogénicité, le devenir du pesticide dans l'environnement. Les TIBs ont pour objectifs une meilleure compréhension et une meilleure interprétation des PIPs.

Les PIPs sont référencés pour 183 substances actives. Pour chaque substance active, on y trouve :

- Les spécialités commerciales et les autres dénominations de la substance active ;
- La classe chimique de la molécule ;
- La formulation (émulsion, poudre, …) ;
- Les effets écotoxicologiques ;
- Les propriétés physiques de la molécule ;
- Les valeurs guides d'exposition telle que la Dose Journalière Acceptable (« *Acceptable Daily Intake* », ADI).

---

[3] $pK_a = - \log K_a$ où $K_a$ est la constante d'acidité d'un couple acide/base et $pK_b = - \log K_b$ où $K_b$ est la constante de basicité d'un couple acide/base

### 2.1.5 Persistance des substances actives

#### 2.1.5.1 Base de données AGRITOX

Dans la rubrique « Environnement », la fiche consultable sur Minitel fournit des données sur la persistance de la substance active en laboratoire et/ou en champ ($DT_{50}$ et $DT_{90}$) dans différents types de sol.

#### 2.1.5.2 Extension Toxicology Network (EXTOXNET)

Les PIPs d'EXTOXNET informent sur le devenir du pesticide dans l'environnement par l'intermédiaire de durées de demi-vie dans le sol ($DT_{50}$).

#### 2.1.5.3 The Pesticide Manual - New twelfth edition

Lorsque cela est approprié, chaque substance active est renseignée sur son devenir dans l'environnement, et notamment dans le sol où les durées de demi-vie ($DT_{50}$) sont données sous certaines conditions de milieu (pH, milieu aérobie ou anaérobie, …).

## 2.2 IDENTIFICATION DES DANGERS

### 2.2.1 Toxicité à court terme

La toxicité à court terme est quantifiée par la $DL_{50}$ (ou $CL_{50}$) qui est la dose (ou la concentration) qui provoque la mort chez la moitié - statistiquement - de la population soumise au toxique. Plus la $DL_{50}$ (ou la $CL_{50}$) est basse et plus la molécule est toxique à court terme.

Plusieurs références bibliographiques renseignent sur la toxicité à court terme :

- L'Index phytosanitaire ACTA ;
- « *The Pesticide Manual* » ;
- EXtension TOxicology NETwork (EXTOXNET) ;
- La base de données de pesticides du Pesticide Action Network (PAN).

La toxicité à court terme est représentée par de fortes doses et permet seulement un premier classement initial des substances actives mais ne peut pas nous renseigner dans le cadre d'une évaluation des risques. En effet, les populations sont généralement exposées à de

faibles concentrations en pesticides sur une période de temps relativement longue alors que la toxicité à court terme est représentative d'une intoxication unique consécutive à une absorption massive de pesticide (cas des empoisonnements accidentels ou volontaires).

### 2.2.2 Toxicité à moyen et long terme

#### 2.2.2.1 Perturbateurs endocriniens

Les perturbateurs endocriniens (ou modulateurs endocriniens ou disrupteurs endocriniens ou xénoestrogènes) sont des substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent interférer avec la synthèse, le stockage, le transport (dans l'organisme), le métabolisme, la fixation, l'action ou l'élimination des hormones naturelles. Ils sont susceptibles de modifier le fonctionnement d'une partie du système endocrinien et de provoquer des conséquences sur la reproduction et le comportement. Les effets peuvent également se manifester sur la descendance des sujets exposés [11]. Pour plus d'informations, l'Annexe 3 peut être consultée.

Les pesticides sont fréquemment évoqués comme facteurs de risques. Un certain nombre de pesticides sont reconnus être des perturbateurs endocriniens chez plusieurs représentants de la faune, sans que cela ait été confirmé chez l'homme. En effet, les effets potentiels des perturbateurs endocriniens sur la santé humaine sont sujets à controverse, et en dehors du diéthylstilbestrol ou de certains pesticides tels que le dibromochloropropane (DBCP) et de situations accidentelles (riz contaminé par du DBCP), une relation causale entre exposition à une substance spécifique et effets néfastes sur la santé humaine via un mécanisme de perturbation endocrinienne n'a pas encore été établie.

Les substances suspectées d'avoir une action sur les hormones sont présentées dans le Tableau 2. L'US EPA a préconisé le retrait du marché américain des pesticides les molécules suivantes : le chlordane, le DDT, l'aldrine, la dieldrine, l'endrine, l'heptachlore, le chlordécone (ou képone), le toxaphène et le 2,4,5-T.

**Tableau 2 : Substances actives suspectées d'être des perturbateurs endocriniens ***

| Insecticides | | Herbicides | Fongicides |
|---|---|---|---|
| Aldicarbe (116-06-3) | Fenvalérate (51630-58-1) | 2,4-D (94-75-7) | Bénomyl (17804-35-2) |
| Aldrine (309-00-2) | Esfenvalérate (66230-04-4) | 2,4,5-T (93-76-5) | Mancozèbe (8018-01-7) |
| Alléthrine (584-79-2) | Lindane (58-89-9) | Alachlor (15972-60-8) | Manèbe (12427-38-2) |
| Bêta-HCB (118-74-1) | Heptachlore (76-44-8) | Aminotriazole (61-82-5) | Métirame (9006-42-2) |
| Carbaryl (63-25-2) | Heptachlore-époxyde (1024-57-3) | Atrazine (1912-24-9) | Quintozène (82-68-8) |
| Chlordane (12789-03-6) et métabolites | Malathion (121-75-5) | Métolachlore (51218-45-2) | Vinclozoline (50471-44-8) |
| Chlordécone (143-50-0) | Méthomyl (16752-77-5) | Métribuzine (21087-64-9) | Zinèbe (12122-67-7) |
| Chlorpyriphos (2921-88-2) | Méthoxychlore (72-43-5) | Nitrofen (1836-75-5) | Zirame (137-30-4) |
| Cyperméthrine (52315-07-8) | Mirex (2385-85-5) | Simazine (122-34-9) | |
| DBCP (96-12-8) | Parathion (56-38-2) | Trifluraline (1582-09-8) | |
| DDT (50-29-3) et métabolites | Perméthrine (52645-53-1) | | |
| Dicofol (115-32-2) | Pyréthroï des | **Autres** | |
| Dieldrine (60-57-1) | Toxaphène (8001-35-2) | Nonylphénolpolyéthoxyéthanol | |
| Endosulfan (115-29-7) | | Pentachlorophénol (87-86-5) | |

* Les valeurs entre parenthèses sont les numéros CAS des substances actives.

#### 2.2.2.2 Monographies du CIRC sur l'Evaluation des Risques de Cancérogénicité pour l'Homme

Les monographies du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), qui font autorité en la matière, sont des évaluations indépendantes, réalisées par des experts internationaux, des risques cancérigènes qu'un grand nombre de différents agents font courir à l'homme [12]. Depuis son lancement en 1972, cette série a permis de faire le point sur plus de 800 agents (tous n'étant pas des pesticides), et les monographies du CIRC sont réputées pour leur minutie, leur exactitude et leur impartialité. Pour qu'un agent ou une circonstance d'exposition soit évalué dans le cadre de ce programme, on doit disposer d'indications ou

tout ou moins soupçonner cet agent ou cette circonstance d'exposition de causer le cancer chez l'homme ou l'animal et d'une exposition humaine avérée [13].

Les évaluations du CIRC sont classées par groupes :

- **Groupe 1 :** L'agent (le mélange) est cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont cancérigènes pour l'homme.
- **Groupe 2 (deux groupes) :**
  - **Groupe 2A :** L'agent (le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont probablement cancérigènes pour l'homme.
  - **Groupe 2B :** L'agent (le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont peut-être cancérigènes pour l'homme.
- **Groupe 3 :** L'agent (le mélange ou le mode d'exposition) est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
- **Groupe 4 :** L'agent (le mélange ou le mode d'exposition) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

Un grand nombre de molécules évaluées par le CIRC sont classées dans le groupe 3, groupe réunissant toutes les molécules actuellement inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'homme (Tableau 3). Il en va de même pour les pesticides dont la majorité est classée dans ce même groupe. L'identification des pesticides parmi tous les agents évalués par le CIRC a pu être réalisée grâce au site Internet http://chemfinder.cambridgesoft.com/ ou http://www.chemfinder.com [14]. Ce site permet de rechercher les synonymes d'un composé grâce à son numéro CAS et fournit des liens Internet sur des sites pouvant renseigner sur la biochimie, les propriétés physicochimiques, etc …. Ainsi, la présence de la catégorie Pesticides/Herbicides indique que le composé est cité sur des sites en relation avec les pesticides/herbicides.

**Tableau 3 : Classement des agents et groupes d'agents évalués par le CIRC**

| | Groupe 1 | Groupe 2 | | Groupe 3 | Groupe 4 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Groupe 2A | Groupe 2B | | | |
| **Nombre d'agents évalués** | 78 | 63 | 235 | 483 | 1 | 860 |
| **Nombre de pesticides évalués** | 9 | 14 | 45 | 107 | 0 | 175 |

Les monographies du CIRC sont accessibles via le Web à l'adresse : http://193.51.164.11

2.2.2.3 Base de données IRIS

L'Agence de Protection Environnementale américaine (US EPA) dispose d'une base de données, «*Integrated Risk Information System* » (IRIS), accessible à tous via l'adresse Internet : http://www.epa.gov/iris/ [15].

IRIS est une base de données regroupant les effets sur la santé humaine résultant d'expositions à des substances chimiques dans l'environnement. 538 substances chimiques y sont répertoriées. Parmi ces agents chimiques, 336 pesticides sont recensés (Tableau 4). La stratégie d'identification des pesticides a été similaire à celle appliquée pour identifier les pesticides évalués par le CIRC. Pour chaque substance chimique, IRIS fournit des informations descriptives et quantitatives sur :

- **Les effets chroniques et non cancérigènes sur la santé** par l'intermédiaire des doses de référence orales (« *oral Reference Doses* » RfDs) et des concentrations de référence en inhalation (« *inhalation Reference Concentrations* » RfCs) :
  - La RfD est une estimation de l'exposition journalière de la population humaine (incluant les sous-groupes sensibles), durant une vie entière, qui n'entraîne pas d'effets chroniques et non cancérigènes. Elle est exprimée en $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.
  - La RfC est analogue à la RfD, leur différence réside dans le fait que la RfC est une estimation de l'exposition continue par inhalation. La RfC considère donc les effets toxiques sur le système respiratoire et sur la périphérie du système respiratoire (effets systémiques). Elle s'exprime en $mg.m^{-3}$.
- **Les effets cancérigènes sur la santé** dont l'estimation quantitative du risque peut s'exprimer de deux façons différentes :

- Le facteur de pente (« *Slope Factor* ») est le résultat de l'application d'une procédure d'extrapolation à faible dose. Il se présente comme le risque par milligramme de substance par kilogramme de poids corporel et par jour ($mg.kg^{-1}.j^{-1}$) ;
- Le risque unitaire est l'estimation quantitative du risque par $\mu g.L^{-1}$ d'eau potable (« *Drinking Water Unit Risk* ») ou du risque par $\mu g.m^{-3}$ d'air inhalé (« *Air Unit Risk* ») ;

**Tableau 4 : Agents chimiques recensés dans la base de données IRIS**

| | **Agents chimiques** | **Pesticides** |
|---|---|---|
| **Nombre recensé** | 538 | 336 |
| **Agents pour lesquels les données sont complètes** * | 21 (3,9 %) | 12 (3,6 %) |

* Les données sont dites « complètes » lorsque la RfD, la RfC et les effets cancérigènes sont tous établis pour l'agent considéré.

Les pesticides représentent 62,5 % des agents chimiques recensés.

La description des agents est très souvent incomplète : seuls 3,9 % des agents chimiques et 3,6 % des pesticides ont des données complètes. Le tableau 5 recense le nombre de pesticides évalués pour chaque effet toxique intégré dans la base données IRIS.

**Tableau 5 : Pesticides évalués dans la base de données IRIS par effet toxique**

| | **Effets non cancérigènes** | | **Effets cancérigènes** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Oral RfDs | Inhalation RfCs | Classification selon l'US EPA* | Oral slope factors / Drinking water Unit Risks | Air Unit Risks |
| Nombre de pesticides évalués* | 278 (11) | 58 (26) | 129 (2) | 55 (8) | 40 (2) |

* Entre parenthèses se trouve le nombre de pesticides évalués mais sans valeur estimée (« *Information reviewed but value not estimated* »)

** L'« *Office of Pesticide Programs* » (OPP) de l'US EPA a établi une liste de substances évaluées pour leur potentiel cancérigène. La base de données IRIS reprend cette classification. La démarche proposée par l'US EPA pour évaluer les substances sur leur potentiel cancérigène est passée d'une catégorisation des substances (de A à E) à une approche narrative [16]. On peut cependant corréler la nouvelle classification aux anciennes catégories (de A à E) :

- Cancérigènes chez l'homme ⇔ Groupe A ;

- Probablement cancérigènes chez l'homme ⇔ Groupe B (B1 et B2) ;
- Mise en évidence de cancérogénicité, mais pas suffisante pour évaluer le potentiel cancérigène chez l'homme ⇔ Groupe C ;
- Les données sont insuffisantes pour évaluer le potentiel cancérigène chez l'homme ⇔ Groupe D ;
- Probablement non cancérigènes chez l'homme ⇔ Groupe E.

#### 2.2.2.4 Base de données de pesticides du Pesticide Action Network (PAN)

La base de données du PAN renseigne sur la toxicité, l'écotoxicité et le statut réglementaire de 5 400 molécules incluant les substances actives de pesticides, leurs métabolites, mais aussi les adjuvants et les solvants utilisés dans les pesticides.

La base de données du PAN recense les données établies par différentes sources officielles que sont l'US EPA, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le Programme National de Toxicologie américain (NTP), les Institutions Nationales de la Santé (NIH, américain), le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC), l'Union Européenne (UE) et l'Etat de Californie. La base de données est accessible via l'adresse Internet http://www.pesticideinfo.org/ ou http://data.pesticideinfo.org [17].

**Tableau 6 : Effets toxiques à moyen et long terme et sources de données recensées dans la base de données du PAN**

| Effets toxiques | Sources recensées |
|---|---|
| Perturbateurs endocriniens | Liste de l'EPA de l'Etat de l'Illinois |
| | Liste de Lawrence Keith[4] |
| | Liste de Theo Colborn[5] |
| | Liste de Charles Benbrook[6] |

[4] Lawrence Keith est un auteur qui a publié un livre sur les perturbateurs endocriniens environnementaux. Environ 50 pesticides y ont été évalués.

[5] Theo Colborn a publié dans la littérature scientifique en 1993 une liste de substances chimiques suspectées d'être des perturbateurs endocriniens, liste suivie d'un livre publié en 1996, intitulé « *Our stolen future* ».

[6] Charles Benbrook est l'auteur d'un rapport sur les perturbateurs endocriniens écrit pour la campagne nationale (américaine) de réforme de la politique sur les pesticides.

| | |
|---|---|
| Cancérogénicité | Monographies du CIRC |
| | Liste de substances évaluées pour leur potentiel cancérigène de l'US EPA – Office of Pesticide Programs (OPP) |
| | *« Report on Carcinogens »* de l'US National Toxicology Program (NTP) |
| | Proposition 65 de l'Etat de Californie |

Pour les effets cancérigènes, le PAN a lui-même créé ses catégories et établi des équivalences avec les 4 sources citées ci-dessus. Le tableau comparatif des 4 sources de données est présenté dans le Tableau 7 et la signification des catégories est disponible sur Internet à: http://www.pesticideinfo.org/documentation3/ref_toxicity3.html#IARCCarcinogens [16].

**Tableau 7 : Catégories de cancérogénicité**

| Catégorie PAN | Equivalences |
|---|---|
| **Cancérigène certain** | **IARC :** cancérigène certain (groupe 1)<br>**US EPA :** cancérigène certain (catégorie A)<br>**Proposition 65 :** cancérigène certain<br>**US NTP :** cancérigène certain |
| **Cancérigène probable** | **IARC :** cancérigène probable (groupe 2A)<br>**US EPA :** cancérigène probable (catégories B1 et B2)<br>**Proposition 65 :** « *Reasonably anticipated to be a human carcinogen* »<br>**US NTP :** pas de catégorie parallèle |
| **Cancérigène possible** | **IARC :** cancérigène possible (groupe 2B)<br>**US EPA :** cancérigène possible (catégorie C)<br>**Proposition 65 :** pas de catégorie parallèle<br>**US NTP :** pas de catégorie parallèle |
| **Inclassifiable** | **IARC :** inclassifiable (groupe 3)<br>**US EPA :** inclassifiable (catégorie D)<br>**Proposition 65 :** pas de catégorie parallèle<br>**US NTP :** pas de catégorie parallèle |
| **Probablement non cancérigène** | **IARC :** probablement non cancérigène (groupe 4)<br>**US EPA :** probablement non cancérigène (catégorie E)<br>**Proposition 65 :** pas de catégorie parallèle<br>**US NTP :** pas de catégorie parallèle |

#### 2.2.2.5 Publications de l'OMS

Les publications de l'OMS renseignent sur la toxicité et la cancérogénicité de produits chimiques. La liste de ces publications est consultable sur Internet à l'adresse suivante : http://www.who.int/dsa/cat98/chemtox8.htm [18]. Un résumé de chaque publication est aussi mis en ligne sur Internet.

**Tableau 8 : Publications de l'OMS**

| | **Agents chimiques** | **Pesticides** |
|---|---|---|
| **Nombre recensé** | 149 | 39 |

#### 2.2.2.6 EXTOXNET

Les PIPs fournissent des informations sur la toxicité subchronique et chronique, la cancérogénicité, la mutagénicité, la tératogénicité, les effets sur la reproduction, les organes cibles, le devenir des pesticides dans l'organisme de l'homme et de l'animal.

Cette base de données est relativement complète : 70 % des pesticides sont totalement renseignés sur l'ensemble de leurs effets toxicologiques chez l'homme et l'animal (Tableau 9).

**Tableau 9 : Pesticides recensés dans EXTOXNET**

| | Profil complet | Toxicité chronique manquante | Effets sur la reproduction manquants | Tératogénicité manquante | Mutagénicité manquante | Cancérogénicité manquante | Organes cibles | Devenir dans l'organisme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nombre de pesticides | 128 (70 %) | 17 (9,3 %) | 18 (9,8 %) | 16 (8,7 %) | 15 (8,2 %) | 17 (9,3 %) | 9 (4,9 %) | 18 (9,8 %) |

Des données sont dites « manquantes » lorsque l'agent n'a pas été évalué dans la catégorie correspondante. Le plus souvent, « *No data are currently available* » est la traduction de l'absence de données.

#### 2.2.2.7 Base de données de l'« *International Toxicity Estimates for Risk* » (ITER)

La base de données ITER est accessible gratuitement sur Internet à l'adresse http://www.tera.org/iter/. Elle recense les données sur environ 500 substances chimiques évaluées par plusieurs organisations internationales. Ces données sont compilées dans un tableau permettant au lecteur de comparer les valeurs de risque fournies par ces organisations dans quatre catégories [19] :

- Effets non cancérigènes par voie orale ;
- Effets cancérigènes par voie orale ;
- Effets non cancérigènes par inhalation ;
- Effets cancérigènes par inhalation ;

ITER dispose de données fournies par :

- ✓ L'Agence des Substances Toxiques et du Registre des Maladies (« *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* », ATSDR) qui fournit des niveaux de risque minimal (« *Minimal Risk Levels* », MRLs). Les MRLs s'apparentent aux RfDs et RfCs de l'US EPA dans la base de données IRIS ;
- ✓ « *Health Canada* » qui développe des consommations/concentrations tolérables (« *Tolerable Intakes/Concentrations* ») et des doses/concentrations tumorigènes (« *Tumorigenic Doses/Concentrations* ») pour les substances prioritaires selon l'Acte de Protection Environnementale Canadien (« *Canadian Environmental Protection Act* », CEPA) ;
- ✓ L'Institut National de la Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas (RIVM) qui recense des niveaux de risque acceptable maximal (« *Maximum Permissible Risks*, MPRs ») ;
- ✓ La base de données IRIS de l'US EPA vue précédemment ;
- ✓ Des parties indépendantes (industries, groupes consultants, universités, …) dont les valeurs de risque ont été soumises à un examen critique par un comité d'experts de TERA.

L'ATSDR et le RIVM ne se placent pas dans la même logique : l'ATSDR s'exprime en doses/concentrations alors que le RIVM s'exprime en niveaux de risque.

## 2.3 TONNAGES DES SUBSTANCES ACTIVES

L'Index phytosanitaire ACTA 2001 permet de répertorier les substances actives de produits phytosanitaires commercialisées en France et donc de caractériser de manière qualitative l'exposition potentielle des individus. Les quantités de pesticides commercialisées en France pourraient en premier abord quantifier l'exposition des individus aux pesticides.

Les données tonnages ont été demandées à plusieurs organismes : le Service Régional de Protection des Végétaux (SRPV) de Bretagne qui dépend du Ministère de l'Agriculture par

l'intermédiaire d'une lettre, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) par entretien téléphonique et l'Union des Industrie pour la Protection des Plantes (UIPP) par entretien téléphonique et contact E-mail.

### 2.3.1 Services de l'Etat

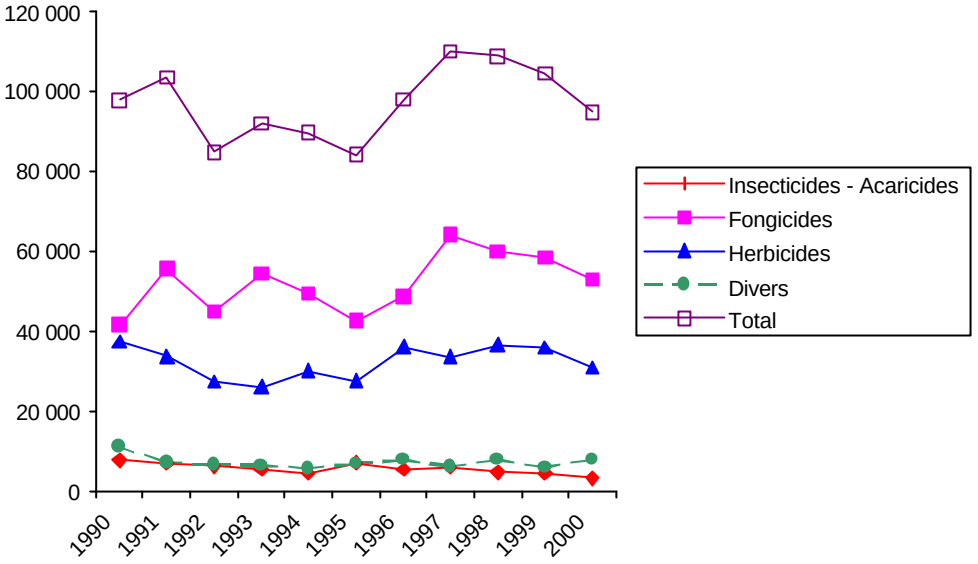
Le SRPV ne dispose pas des données tonnages.

Le MATE dispose des données tonnages à titre très confidentiel. Les données tonnages sont intégrées dans le calcul de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes (TGAP). La méthode de calcul retenue, dite des accises, repose sur un croisement des critères toxicologiques et écotoxicologiques (éventuellement aggravés par des phrases de risque) auquel est associé un barème de 7 classes allant de 0 F/tonne à 11 000 F/tonne pour les produits les plus lourdement taxés. Le montant de la taxe est lié à la consommation, c'est-à-dire à la quantité de matière active vendue sur le marché national, le redevable étant le fabricant ou l'importateur [20].

### 2.3.2 Données tonnages fournies par l'UIPP

L'UIPP est un syndicat professionnel regroupant la quasi-totalité des fabricants de produits phytosanitaires : l'UIPP représente environ 96 % du chiffre d'affaires français de la protection des plantes pour 28 entreprises adhérentes. A ce titre, l'UIPP dispose des données sur les quantités commercialisées de produits phytosanitaires à usage agricole par ses adhérents. Ne sont mises à disposition du public que les données tonnages par usages. Les données les plus récentes sont présentées ci-dessous de manière succincte et plus en détails en Annexe 4.

**Quantités de substances actives commercialisées en France de 1990 à 2000 basées sur les déclarations volontaires des adhérents de l'UIPP (en tonnes)**

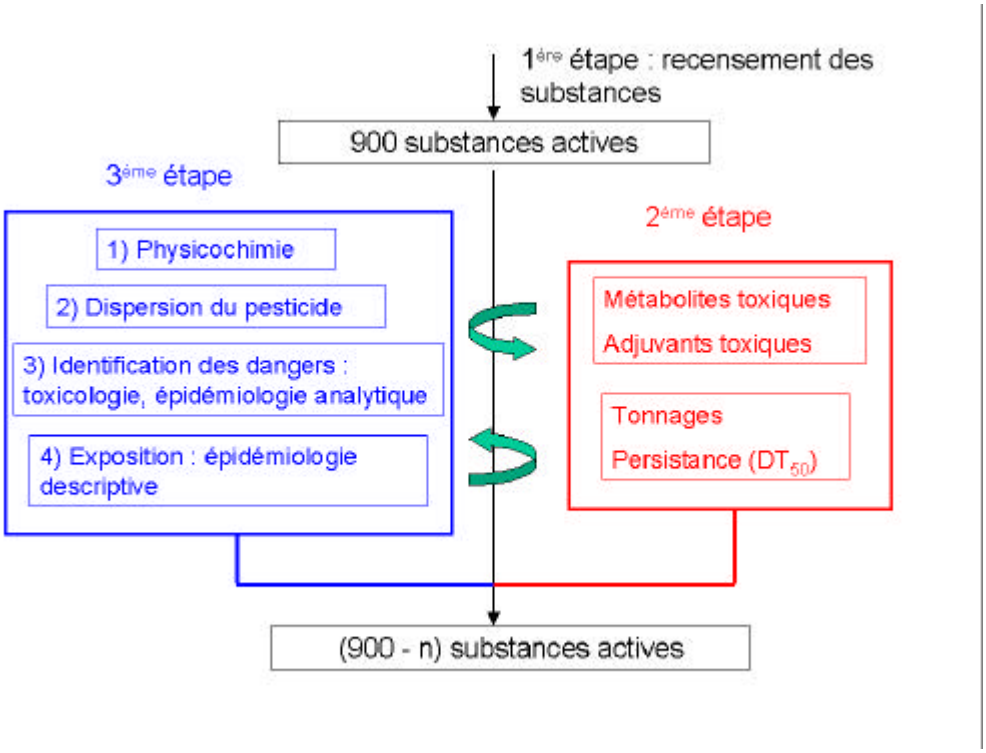



## 2.4 RECAPITULATIF DES SOURCES DE DONNEES RECENSEES

| Type d'information recherchée | Où la trouver ? |
|---|---|
| Substances actives | Index phytosanitaire ACTA<br>Polluants Organiques Persistants |
| Propriétés physicochimiques | 3617 AGRITOX<br>EXTOXNET<br>« *The Pesticide Manual* » |
| Toxicité des substances actives | EXTOXNET<br>« *The Pesticide Manual* »<br>Base de données du PAN<br>Monographies du CIRC<br>Base de données IRIS de l'US EPA<br>Publications de l'OMS<br>Base de données de l'ITER |
| Tonnages des substances actives | UIPP<br>Ministère de l'Environnement |

# 3 - STRATEGIE DE SELECTION DES SUBSTANCES ACTIVES

La stratégie de sélection des substances actives peut se résumer par le schéma ci-dessous. Elle est représentée par les deuxième et troisième étapes qui, ensemble, forment un processus itératif




## 3.1 SUBSTANCES CANCERIGENES A EFFETS STOCHASTIQUES

Les substances cancérigènes peuvent avoir deux types d'effets : déterministes ou stochastiques.

- Les substances cancérigènes à effets déterministes se caractérisent par une NOAEL, exposition la plus forte pour laquelle aucun effet n'est observé *(« No Observed Adverse Effect Level »)*, ou une LOAEL, exposition la plus faible pour laquelle un effet est observé (« *Lowest Observed Adverse Effect Level* »).
- Les substances cancérigènes à effets stochastiques (ou probabilistes) sont sans seuil. Les effets cancérigènes peuvent donc se produire quelque soit la concentration (ou la dose) de la substance. Le risque est alors exprimé en probabilité d'apparition des effets cancérigènes.

Les substances cancérigènes à effets déterministes ne posent pas a priori de problème de santé publique étant donné que les réglementations nationales et supranationales fixent des

teneurs limites dans l'eau et les aliments en adéquation avec les valeurs expérimentales de NOAEL (ou LOAEL) déterminées lors d'études toxicologiques sur des animaux.

Par contre, en raison de l'ignorance de l'existence d'un seuil de concentration en dessous duquel le risque est inexistant et en raison de l'irréversibilité des effets à craindre, il est important de souligner que les valeurs réglementaires retenues pour les substances cancérigènes à effets stochastiques ne protègent pas nécessairement toutes les personnes exposées.

**Seront donc intégrées dans le processus de sélection les substances à effets cancérigènes stochastiques avérés, probables ou possibles. Ce sont a priori les substances dont l'impact sanitaire potentiel est le plus élevé. A ce titre, elles constituent les substances prioritaires.**

Lors d'évaluations de substances actives par les organisations internationales sur leur potentiel cancérigène, certaines substances ont été évaluées mais aucune valeur n'a pu être estimée pour quantifier les effets observés. Ainsi, certaines substances ont été classées cancérigènes probables ou possibles mais aucune valeur de risque unitaire par inhalation ou par voie orale n'a pu être déterminée.

**A partir de ces constats, seront donc intégrées dans le processus de sélection les substances à effets cancérigènes stochastiques avérés, probables ou possibles et dont le risque unitaire par voie orale et/ou par inhalation aura été estimé.**

Dans chacun des trois compartiments de l'environnement (eau, aliments, air), l'estimation quantitative du risque individuel peut s'effectuer de la manière suivante :

- ✓ Dans l'eau, on utilise le risque unitaire par voie orale (« *Drinking Water Unit Risk* », risque par $\mu g.L^{-1}$) que l'on multiplie par la concentration de la substance active dans l'eau (en $\mu g.L^{-1}$) ;
- ✓ Dans les aliments, on utilise le facteur de pente par voie orale (« *Oral Slope Factor* », risque par $mg.kg^{-1}.j^{-1}$) que l'on multiplie par la concentration de la substance active dans la denrée considérée (en mg par kg de denrée) et par la consommation journalière de cette denrée par personne (en $g.j^{-1}.pers^{-1}$) et que l'on divise par le poids corporel moyen d'un individu (60 kg) et par 1 000 pour harmoniser les unités de masse ;
- ✓ Dans l'air, on utilise le risque unitaire par inhalation (« *Air Unit Risk* », risque par $\mu g.m^{-3}$) que l'on multiplie par la concentration de la substance active dans l'air (en $\mu g.m^{-3}$).

Le risque (ou impact) collectif est égal à la somme des risques individuels sur l'ensemble d'une population donnée. Deux cas peuvent se présenter :

- Dans le cas où la population est exposée de manière homogène aux substances actives, le risque collectif est égal au risque individuel multiplié par la population considérée ;
- Dans le cas contraire, il est possible de constituer des sous-groupes de populations dont l'exposition à la substance active est homogène. On se ramène alors au cas précédent et le risque collectif est la somme des risques des sous-groupes de populations considérés.

## 3.2 AUTRES EFFETS TOXIQUES DES SUBSTANCES ACTIVES

La réglementation française fixe des teneurs limites dans l'eau et les aliments[7] pour toutes les substances actives de pesticides :

- ✓ Le décret 89-3 du 3 janvier 1989 modifié réglemente la présence des pesticides dans l'eau d'alimentation. Les pesticides doivent respecter les Concentrations Maximales Admissibles (CMA) : 0,1 $\mu g.L^{-1}$ par substance individualisée (à l'exception des substances aldrine, dieldrine, heptachlore et époxyde d'heptachlore dont la CMA est fixée à 0,03 $\mu g.L^{-1}$) et 0,5 $\mu g.L^{-1}$ pour le total des substances analysées ;
- ✓ Des Limites Maximales de Résidus (LMR) sont fixées dans les aliments par substance active et par denrée (animale ou végétale).

Les teneurs limites fixées par la réglementation sont calculées dans un souci de protection de la santé humaine. Les LMR et les CMA sont calculées à partir des Doses Journalières Admissibles (DJA en $mg.kg^{-1}.j^{-1}$) pour l'homme. Ces DJA sont elles-mêmes calculées à partir des Doses Sans Effet (DSE) qui proviennent d'études toxicologiques sur les animaux :

$$DJA = \frac{DSE}{F}$$ où F est un facteur de sécurité compris entre 100 et 5 000

On voit donc que les DJA et par suite, les LMR et les CMA, sont telles que les effets déterministes d'une substance active ne devraient pas se manifester. Néanmoins, des effets semblent apparaître même quand les DJA sont respectées (troubles neurologiques tels que la maladie de Parkinson [1, 2], …). Les seuils proposés ne sont donc pas efficaces. Il serait nécessaire de favoriser le développement de recherches toxicologiques et sur les expositions environnementales pour pouvoir réévaluer les DSE et les DJA.

[7] Il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation relative aux pesticides dans l'air

Les effets toxiques des substances actives autres que les effets stochastiques seront aussi intégrés dans le processus itératif, dans une priorité moindre a priori par rapport aux substances cancérigènes à effets stochastiques.

## 3.3 DONNEES UTILISABLES POUR EVALUER LES DOSES ET LES EXPOSITIONS

### 3.3.1 Exposition par l'alimentation

#### 3.3.1.1 Consommations alimentaires de la population française

Le CREDOC (Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie), l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) et le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche ont réalisé l'enquête INCA en 1999 portant sur les consommations alimentaires des adultes et des enfants en France [21]. L'enquête INCA est la deuxième grande enquête nationale sur les consommations alimentaires des Français, la précédente datant de 1994. Elle porte sur 3 003 individus de 3 ans et plus, représentatifs de la population française. Cette enquête vise à:

- connaître les consommations individuelles réelles par occasion (repas/encas) et par lieu de consommation (au domicile et hors foyer) ;
- suivre l'évolution des pratiques et des connaissances dans le domaine de l'alimentation et de la nutrition ;
- identifier les apports nutritionnels et en déduire la situation nutritionnelle des consommateurs en fonction de leurs besoins ;
- analyser les opinions et attitudes des consommateurs, notamment dans le domaine de la nutrition et de la sécurité alimentaire.

A partir des données fournies par cette étude, il est possible de quantifier la part de la denrée considérée dans la ration alimentaire par jour et par personne (en $g.j^{-1}.pers^{-1}$). Quelques commentaires peuvent toutefois être émis :

- L'enquête INCA ne porte que sur 3 003 individus ;
- Les effets sur la santé actuels et à venir résultent d'expositions aux substances actives de pesticides il y a 10, 20 voire 30 ans. En effet, les niveaux d'exposition aux substances actives de la population sont très faibles et les effets qui en résultent sont à long terme

(exemples des cancers, de la toxicité chronique, …). Ce sont donc les habitudes alimentaires des français il y a 10, 20 ou 30 ans qu'il aurait fallu connaître pour les corréler aux effets sur la santé actuels et à venir.

Les données manquent donc globalement pour pouvoir procéder à l'évaluation des risques de manière quantitative.

#### 3.3.1.2 Concentrations des substances actives dans les denrées alimentaires

Les concentrations des substances actives dans les aliments (en $mg.kg^{-1}$) peuvent être obtenues auprès de la DGCCRF et des SRPV/DGAL pour les denrées végétales et auprès des Services Vétérinaires Départementaux de la Direction Générale de l'Alimentation (SVD/DGAL) pour les denrées animales. En effet, ces services sont habilités à contrôler la contamination des aliments par les pesticides. Pour chaque Service de l'Etat, des listes des substances actives à rechercher sont établies [22]. Ainsi, en 1998 :

- La liste des pesticides recherchés sur les denrées végétales par la DGCCRF comprenait 171 pesticides homologués et 52 pesticides non homologués ;
- La liste des pesticides recherchés dans les denrées animales par la DSV comprenait 21 pesticides homologués et 11 pesticides non homologués.

Les stratégies d'échantillonnage diffèrent d'un Service à un autre :

- ✓ Les substances actives recherchées par la DGCCRF semblent être choisies en fonction des capacités analytiques et des résultats des plans de surveillance précédents, sans corrélation directe avec les usages (produits phytosanitaires utilisés, tonnages, …) [22]. Par ailleurs, le plan de surveillance de la DGCCRF ne fournit pas d'information sur les ratios échantillons suspects – échantillons prélevés au hasard, ce qui conduit vraisemblablement à une surestimation des niveaux de contaminations des denrées végétales.
- ✓ Le plan de surveillance de la DGAL/SRPV ne vise pas à fournir une connaissance exhaustive des niveaux de contamination étant donné qu'il porte sur un nombre réduit de cultures. Les SRPV ont plutôt un rôle de conseil auprès des agriculteurs. En cas de dépassement des valeurs réglementaires, ils recherchent les corrélations entre ces dépassements et les systèmes de production et proposent les modifications nécessaires aux pratiques agricoles pour que les valeurs réglementaires soient respectées. De plus, les contrôles se font avec la participation des agriculteurs, donc a priori sur des

échantillons où les Bonnes Pratiques Agricoles (BPA) sont respectées [22]. On peut donc s'attendre à une sous-estimation des niveaux de contamination.

- ✓ Le plan de contrôle des denrées animales par la DGAL/SVD s'inscrit dans un cadre réglementaire très précis au niveau communautaire et est mené de manière uniforme sur l'ensemble du territoire, à l'inverse du contrôle des denrées végétales. Les molécules analysées appartiennent à trois familles chimiques : les organochlorés, les organophosphorés et les pyréthrinoïdes.

Il est possible par la suite de sélectionner les substances actives ayant les impacts de santé publique les plus importants en France à partir des listes de pesticides recherchés par la DGCCRF et par la DGAL/SVD.

### 3.3.2 Exposition par l'eau

Les Directions Départementales des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS) sont habilitées à contrôler la contamination des eaux de consommation par les pesticides. Les substances actives recherchées sont choisies au niveau départemental et ne sont donc pas les mêmes sur la France. Des listes « tronc commun » de pesticides au niveau national existent auxquelles les départements peuvent y rajouter des substances dont le suivi s'avérerait pertinent à l'échelle régionale. Les listes de pesticides à rechercher en priorité ont été constituées grâce à la méthode SIRIS dont le principe, les avantages et les inconvénients sont développés dans le sous-chapitre qui suit. Ainsi, en 1998, la liste de pesticides recherchés dans les eaux par les DDASS comprenait 160 pesticides homologués, 48 pesticides non homologués et 9 métabolites [22]. La liste des substances recherchées en 1998 par les DDASS (ainsi que par la DGCCRF et la DSV) est donnée en Annexe 5.

#### 3.3.2.1 Méthode SIRIS

Elle a été principalement utilisée pour obtenir les « classements des substances actives phytosanitaires en vue de la surveillance de la qualité des eaux à l'échelle nationale », travail réalisé par le groupe de travail « Listes prioritaires » du Comité de Liaison[8] en 1994 [23].

La méthode SIRIS (Système d'Intégration des Risques par Interaction de Scores) est une méthode d'aide à la décision basée sur l'évaluation des risques. Elle repose d'abord sur le

[8] Le Comité de Liaison a été instauré en décembre 1992 par les Ministres chargés de l'Agriculture, de l'Environnement et de la Santé.

jugement et l'accord d'un groupe d'experts sur le choix et la hiérarchie des critères à prendre en compte puis, lorsqu'un consensus a été obtenu, elle consiste à représenter cette opinion commune par un système logique aboutissant à l'évaluation des risques comparés de chaque substance.

Le classement repose sur des critères toxicologiques (toxicité chronique pour l'homme : DJA), écotoxicologiques (concentration létale algues, daphnies ou poissons) et sur les propriétés physicochimiques des substances actives. La méthode SIRIS aboutit à un classement qualitatif des substances actives par ordre décroissant. Plus le rang de la substance est élevée et plus la substance est susceptible d'être retrouvée dans les eaux. La liste de substances actives ainsi obtenue désigne un ordre prioritaire pour l'analyse des pesticides et permet aux laboratoires concernés d'intégrer les pesticides susceptibles d'être retrouvés dans les eaux aux listes existantes.

L'avantage principal de la méthode SIRIS réside dans le fait qu'elle s'appuie sur des ordres de grandeurs. De ce fait, elle est beaucoup plus adaptée au problème des produits phytosanitaires que les modèles basés sur des algorithmes utilisant des données brutes. En effet, ces derniers ont comme difficultés principales, d'une part, le paramétrage des algorithmes et leur enchaînement et, d'autre part, la fiabilité des données recueillies.

L'inconvénient majeur de la méthode SIRIS est qu'elle ne s'applique bien que dans le cadre de très Bonnes Pratiques Agricoles (respect des conditions d'emploi liées à la dose, au mode d'application, au réglage du pulvérisateur, aux conditions climatiques …). Et malheureusement, les BPA ne sont pas toujours respectées, souvent parce qu'elles impliquent des contraintes supplémentaires aux agriculteurs. Par exemple, les BPA préconisent le rinçage des cuves ayant servi à l'épandage des pesticides dans le champ où a eu lieu l'épandage. Pour diverses raisons, il peut arriver que l'opération de rinçage des cuves se fasse sur un sol goudronné de la propriété de l'agriculteur, le risque de transfert vers les eaux de rivières ou de cours d'eau situés à proximité est alors énorme.

#### 3.3.2.2 Données potentielles générées par l'utilisation de la méthode SIRIS par les DDASS

A partir de la méthode SIRIS, le Comité de Liaison a établi le classement de 153 substances actives en 1995, puis 281 substances en 1996 et enfin 381 substances en 1998 dont 320 pour lesquelles la méthode SIRIS est pertinente. Les substances de présence probable dans les eaux souterraines (ou superficielles) sont les substances dont le rang est supérieur à 30 pour les eaux souterraines (ou 35 pour les eaux superficielles). Les laboratoires concernés peuvent orienter les développements analytiques en fonction du classement SIRIS et intégrer les pesticides de présence probable aux listes déjà existantes. Les DDASS peuvent

alors décider, en concertation avec les laboratoires, des molécules à ajouter au dispositif de surveillance officiel. Il s'agit d'une méthode intéressante mais plus ou moins bien appliquée dans les départements selon les connaissances locales et l'importance de l'agriculture [22].

Cependant, il faudrait examiner DDASS par DDASS la réelle application de la méthode SIRIS. Malheureusement, le délai imparti pour ce travail ne permet pas d'aller dans ce sens.

### 3.3.3 Exposition par l'air

#### 3.3.3.1 Stratégie de sélection des substances actives

La population française est inégalement exposée aux substances actives de pesticides via l'air. La profession agricole est particulièrement exposée aux pesticides, notamment au moment de l'application du produit phytosanitaire sur la culture. D'après l'UIPP, la majorité des traitements des cultures sont réalisés par pulvérisation et seules 30 à 70 % des quantités de produits phytosanitaires appliquées atteignent leur cible. Selon d'autres auteurs, seulement moins de 0,3 % des pesticides entrent en contact avec les organismes indésirables cibles, les 99,7 % restants s'en vont « ailleurs » (par ruissellement, lixiviation, volatilisation, …) [3]. On a vu que la constante de Henry H rendait mieux compte de la volatilisation que la seule pression de vapeur d'un composé. Les produits avec un H dépassant largement $2{,}5.10^{-5}$ sont volatiles (leur volatilité décroissant avec le temps), tandis que ceux dont le H est très inférieur à cette valeur sont bien moins volatiles, avec une volatilité qui augmente avec le temps [3]. **Les substances dont la présence dans l'air sera la plus probable seront donc les substances actives dont la constante de Henry sera supérieure ou égale à $2{,}5.10^{-5}$.**

Dans le phénomène de volatilisation, le plus important du point de vue environnemental est la capacité à se répandre dans l'atmosphère d'une grande partie du produit phytosanitaire appliqué sur le champ. Le fait que les molécules de pesticides peuvent être véhiculées fort loin par les courants aériens est compensé par la dilution très rapide dans l'atmosphère. Ceci, ajouté aux effets photochimiques et aux oxydations destructrices réduit les risques d'effets environnementaux aigus. Cependant, un risque existe bel et bien. Le transport aérien de molécules de pesticides consécutif à leur volatilisation est la voie principale de transfert vers les plantes et donc vers les animaux et les hommes. D'autre part, les vapeurs peuvent être reconcentrées dans les gouttelettes de brouillard puis redéposées sur les végétaux [3].

#### 3.3.3.2 Concentrations des substances actives de pesticides dans l'air

A l'heure actuelle, il n'existe pas de méthodes standardisées qui permettent de mesurer les concentrations de substances actives de pesticides directement dans l'air. En effet, les pesticides d'une part et l'air d'autre part imposent des contraintes au niveau des méthodes de prélèvement et d'analyses des échantillons :

- La grande variété de molécules de pesticides combinée à la complexité de leurs propriétés chimiques entraîne un échantillonnage et des méthodes d'analyse spécifiques et complexes ;
- Les concentrations attendues de polluants dans l'air sont généralement très faibles (de l'ordre du $ng.m^{-3}$ ou du $pg.m^{-3}$)[9] et l'air est un milieu complexe très riche en composés qui constituent un bruit de fond élevé lors de l'analyse des pesticides.

Les pesticides dans l'air peuvent être analysés suivant une méthode de dosage indirecte sur les eaux de pluies. Ce type d'analyse se développe beaucoup, notamment parce qu'elle est facile à mettre en œuvre et qu'elle ne nécessite pas le développement de méthodes analytiques nouvelles (par rapport aux eaux).

Des concentrations non négligeables ayant été constatées dans différentes régions de France, l'intérêt se report maintenant vers les mesures dans l'air ambiant afin d'expliquer les niveaux de concentrations observés dans l'eau de pluie. Quelques études ont été menées dans l'air ambiant mais peu d'entre elles visaient à caractériser un niveau d'exposition des populations [24]. C'est pourquoi le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) de l'Institut National de l'Environnement industriel et des RISques (INERIS) a proposé de valider une méthodologie de mesure des pesticides dans l'air ambiant où le protocole de prélèvement et d'analyse est applicable en réseaux, volontairement cohérent avec le protocole défini pour la mesure des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) (même système de prélèvement en particulier). Dans ce contexte, il a été nécessaire de circonscrire les mesures à un nombre restreint de substances actives parmi les plus représentatives des usages agricoles français [25]. Ainsi, sont recherchées par le LCSQA les substances présentées dans le Tableau 10.

[9] 1 pg = 1 picogramme = $10^{-12}$ gramme ; 1 ng = 1 nanogramme = $10^{-9}$ gramme

**Tableau 10 : Substances actives recherchées par le LCSQA**

| **Substances à suivre en priorité sur le plan national** | | **Substances recherchées sans développement analytique particulier** |
|---|---|---|
| Alachlore | Folpel | Carbaryl |
| Atrazine | Glyphosate et son métabolite AMPA | Diazinon |
| Chlorothalonil | Isoproturon | Oxadiazon |
| Chlorphyriphos éthyl | Krésoxim méthyl | Parathion méthyl |
| Dichlorvos | Lindane | Perméthrine |
| Diflufénicanil | Malathion | Terbutylazine |
| Diuron | Métolachlore | |
| Epoxiconazole | Tébuconazole | **Substances suivies ponctuellement** |
| Endosulfan | Trifluraline | Deltaméthrine |
| Fenpropimorphe | | Tau-fluvalinate |

Pour chacun des trois compartiments de l'environnement, l'idéal serait donc de disposer des concentrations de toutes les substances actives. Cependant, il est extrêmement difficile de connaître toutes les concentrations des substances actives dans l'eau, les aliments ou l'air. En effet, des listes prioritaires de substances à rechercher sont établies dans l'eau, l'air ou les aliments. Or, il est nécessaire que l'exposition des individus soit estimée sur l'ensemble des substances actives utilisées, même si on perd en précision sur l'évaluation de l'exposition. Le tonnage peut être cet indicateur.

Il serait aussi judicieux de considérer la persistance des substances actives via la $DT_{50}$. Par exemple, une substance cancérigène et non persistante ne sera pas retrouvée dans l'environnement et l'exposition des individus à cette substance sera nulle. Croiser les données tonnages et la persistance des substances actives, en l'occurrence « tonnage x $DT_{50}$ », semble donc beaucoup plus approprié que de considérer le tonnage seul.

### 3.3.4 Tonnages et persistance des substances actives

La prise en considération du croisement tonnage-persistance sera différente selon que l'on s'intéresse aux substances cancérigènes à effets stochastiques ou aux substances à effets déterministes :

- Pour les substances à effets stochastiques, les concentrations en substances actives peuvent être remplacées par les tonnages multipliés à la $DT_{50}$ pour estimer le risque dans l'eau et les aliments. Ainsi, dans la relation dose-effet :
  - Dans les aliments, la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » serait multipliée au facteur de pente par voie orale ;
  - Dans l'eau, la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » serait multiplié au risque unitaire par voie orale ;
  - Dans l'air, la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ x constante de Henry » serait multipliée au risque unitaire par inhalation.
  - Puis, pour considérer l'exposition globale de la population via l'ensemble des trois compartiments, il suffit d'additionner les estimations des risques dans l'eau, l'air et les aliments.
- Pour les substances à effets déterministes, le croisement du tonnage et de la persistance permettrait de classer **qualitativement** les substances selon leur potentiel de présence dans les aliments et l'eau. Dans l'air, le croisement du tonnage, de la persistance et de la constante de Henry permettrait de classer les substances selon leur potentiel de présence dans l'air. Ceci est développé plus en détail dans le paragraphe 3.3.4.3.

#### 3.3.4.1 Tonnages des substances actives

##### *3.3.4.1.1 Substances actives dont le tonnage est inférieur à 100 kg*

L'UIPP a aussi été en mesure de fournir les quantités commercialisées de substances actives en 2000 par familles de substances actives (Annexe 1). Dans chaque famille figurent les principales substances actives commercialisées. Dans la synthèse des résultats, l'UIPP prend en compte toutes les quantités commercialisées et déclarées par ses adhérents. Toutefois, les tonnages de certaines substances actives ne sont pas repris dans la consolidation des chiffres. Cela concerne un très petit nombre de substances et leurs tonnages respectifs n'excèdent pas 100 kg (soit un rapport de l'ordre de 1/1000000 par rapport au total des tonnages des substances actives).

Les substances actives mentionnées dans l'Annexe 1 sont au nombre de 327 alors que l'Index ACTA 1999 indique que 525 substances actives sont commercialisées en France[10]. La différence de ces deux nombres pourrait fournir le nombre de substances actives peu commercialisées en France et constituer le premier sas d'élimination des substances actives. Cette première frontière permettrait de considérer que les substances actives dont le tonnage est inférieur à 100 kg seraient exclues du processus itératif de sélection des substances actives qui ont les impacts de santé publique les plus importants en France. Dans notre exemple, 198 substances actives (525 – 327) seraient éliminées.

*3.3.4.1.2 Substances actives dont le tonnage est supérieur à 100 kg*

Afin d'établir un examen systématique de toutes les substances chimiques nouvelles[11] mises sur le marché européen, l'Union Européenne a lancé un programme qui doit permettre de procéder, de façon progressive et à long terme, à l'évaluation des substances chimiques existantes[12] sur le marché, à savoir celles figurant dans l'inventaire EINECS (« *European INventory of Existing commercial Chemical Substances* »). C'est l'objet du règlement européen n°793/93. L'inventaire EINECS contient 100 195 substances chimiques, parmi lesquelles on retrouve les substances actives de pesticides [26, 27].

Le règlement n°793/93 a permis dans un premier temps de rassembler les données disponibles pour les substances produites ou importées à plus de 1 000 tonnes par an (« *High Production Volume Chemicals* », HPVC), soit environ 2 500 substances. La base de données IUCLID (« *International Uniform Chemical Information Database* », disponible sur CD-ROM auprès de la Commission Européenne) intègre les données relatives aux HPVC. Une collecte plus sommaire a été demandée pour les substances dont la quantité produite ou importée est comprise entre 10 et 1 000 tonnes par an (« *Low Production Volume Chemicals* », LPVC). Par ailleurs, des listes prioritaires définies à partir des substances

---

[10] L'Index ACTA 2001 n'étant pas disponible à la date de rédaction du mémoire, les données sont établies par rapport à l'Index ACTA 1999.

[11] Une substance chimique nouvelle est une substance mise sur le marché pour la première fois à compter du 18 septembre 1981. Ces substances sont inscrites à l'inventaire européen ELINCS *(« European LIst of New Chemical Substances* », JO n°C361 du 17/12/94).

[12] Une substance chimique existante est une substance mise sur le marché pour la première fois entre le 1er janvier 1971 et le 18 septembre 1981. Ces substances sont inscrites à l'inventaire EINECS (JO n°C146 A du 15/06/90).

produites ou importées à plus de 1 000 tonnes ont été définies par le règlement pour procéder à une évaluation des risques [26, 27].

Nous pouvons proposer de transposer la distinction HPVC / LPVC de l'échelle européenne à l'échelle nationale pour établir le second sas d'élimination de nos substances actives en apportant un facteur de réduction égal à 10, ceci afin de tenir compte du ratio des quantités vendues en France sur les quantités vendues à l'échelle européenne. Ainsi, l'équivalent des HPVC à l'échelle nationale situerait la frontière à 100 tonnes par an (au lieu des 1 000 tonnes par an à l'échelle européenne). Les substances actives dont les quantités commercialisées sont supérieures à 100 tonnes par an seraient intégrées dans la suite du processus itératif. Pour celles dont les quantités sont comprises entre 100 kg et 100 tonnes, elles seraient provisoirement écartées du processus itératif ; cependant, si une substance active présente une toxicité particulièrement importante, elle sera réintégrée dans le processus.

Un récapitulatif des sas d'élimination est présenté dans le Tableau 11.

**Tableau 11 : Elimination des substances actives en fonction de leur tonnage**

| | |
|---|---|
| Tonnage < 100 kg par an | Les substances actives sont éliminées du processus itératif |
| 100 kg ≤ Tonnage < 100 tonnes par an | Les substances actives sont provisoirement éliminées du processus itératif |
| Tonnage ≥ 100 tonnes par an | Les substances actives sont intégrées dans la suite du processus itératif |

3.3.4.2 Persistance des substances actives ($DT_{50}$)

La persistance des substances actives dans le sol va influer sur la probabilité d'exposition des individus aux substances par l'eau, l'air ou les aliments. Plus la molécule sera persistante et plus l'exposition des individus à cette substance sera probable. On peut ainsi classer les substances selon leur persistance dans l'environnement, de peu persistantes à très persistantes en passant par moyennement persistantes.

Cependant, la notion de persistance est relative pour le compartiment de l'eau. Par exemple, les classes de persistance établies par la méthode SIRIS sont différentes selon que l'on considère les eaux superficielles ou souterraines [23]. En effet, les modalités de transfert des substances actives aux eaux superficielles diffèrent des modalités de transfert aux eaux souterraines (transport en solution, durée du phénomène). Ainsi, la méthode SIRIS a établi

un classement des substances actives selon leur persistance pour les deux types d'eaux (Tableau 12).

**Tableau 12 : Classes de persistances des substances actives ($DT_{50}$) pour les eaux souterraines et superficielles**

| Classes de persistance | Eaux souterraines | Eaux superficielles |
|---|---|---|
| Persistance faible | $DT_{50}$ < 30 jours | $DT_{50}$ < 8 jours |
| Persistance moyenne | 30 < $DT_{50}$ < 120 jours | 8< $DT_{50}$ <30 jours |
| Persistance élevée | $DT_{50}$ > 120 jours | $DT_{50}$ > 30 jours |

Quand cela est possible, il faut aussi prendre en compte la persistance des métabolites car ils peuvent avoir eux aussi des effets nocifs. Par exemple, le fénamiphos est oxydé très vite ($DT_{50}$ = 10 jours) en ses dérivés sulphoxyde et sulfone, sans que le pouvoir pesticide du produit soit affecté. La demi-vie mesurée pour le fénamiphos et ses deux métabolites est de 70 jours [3].

Au niveau national, environ 2/3 des français sont alimentés en eau potable provenant d'eaux souterraines, le reste de la population étant alimentée par de l'eau superficielle (Tableau 13). Les proportions diffèrent énormément d'un bassin à un autre : le bassin Rhin-Meuse est alimenté à 85 % en eaux souterraines alors que le bassin Adour-Garonne l'est à 39 %. La correspondance entre populations permanentes et volumes prélevés est possible à l'exception du bassin Rhône-Méditerranée-Corse (et peut-être Adour-Garonne) qui draine plus de 50 % du tourisme français d'été et d'hiver. Cette particularité fait que pour des populations permanentes différentes, le bassin Rhône-Méditerranée-Corse se trouve au même niveau de prélèvement que le bassin Seine-Normandie.

**Tableau 13 : Volumes prélevés en eaux superficielles et souterraines en France et par bassin ***

| | France | Rhône-Méditerranée-Corse | Rhin-Meuse | Loire-Bretagne | Artois-Picardie | Seine-Normandie | Adour-Garonne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Volume prélevé (millions de $m^3$) | 5890 | 1746 | 365 | 997 | 369 | 1720 | 698 |
| Eaux souterraines | 61 % | 71 % | 85 % | 53 % | 86 % | 53 % | 39 % |
| Eaux de surface | 39 % | 29 % | 15 % | 47 % | 14 % | 47 % | 61 % |

* Source : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse

Pour les deux autres compartiments de l'environnement (air et aliments), on peut reprendre les classes de persistance proposées par EXTOXNET [28], proches de celles établies pour les eaux souterraines selon la méthode SIRIS (Tableau 14).

**Tableau 14 : Classes de persistances des substances actives ($DT_{50}$) selon EXTOXNET**

| Classes de persistance | $DT_{50}$ associées |
|---|---|
| Persistance faible | $DT_{50} < 30$ jours |
| Persistance moyenne | $30 < DT_{50} < 100$ jours |
| Persistance élevée | $DT_{50} > 100$ jours |

3.3.4.3 Croisement tonnages-persistance pour les effets déterministes

La durée de demi-vie ($DT_{50}$) des substances actives peut être croisée avec les tonnages dans chaque compartiment de l'environnement.

Ainsi, dans l'eau et les aliments, les substances peuvent être ordonnées selon la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » de la plus élevée à la plus basse. On aboutit ainsi à un classement qualitatif des substances actives à effets déterministes :

- Toutes les substances dont le tonnage est supérieur à 100 tonnes par an sont ordonnées selon la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » de la plus élevée à la plus basse ;
- Parmi les substances dont le tonnage est compris entre 100 kg et 100 tonnes par an, seules seraient considérées les substances dont la persistance sera élevée. Elles

peuvent être ordonnées comme les précédentes, selon la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » de la plus élevée à la plus basse.

Dans l'air il suffit d'appliquer le même raisonnement mais en considérant la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ x constante de Henry ».

En ce qui concerne les substances actives très persistantes ($DT_{50}$ de l'ordre de l'année), une attention toute particulière pourra leur être apportée : les substances de tonnage compris entre 100 kg et 100 tonnes et de persistance très élevée verrait leur classement modifié pour être déplacées en tête de liste des substances prioritaires.

L'estimation de l'exposition par la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ » pour l'eau et les aliments et par la grandeur « tonnage x $DT_{50}$ x constante de Henry » pour l'air a été faite compartiment par compartiment. Il faut maintenant considérer l'exposition globale de la population via l'ensemble de ces trois compartiments. Deux solutions se présentent :

- Faire une moyenne arithmétique des trois classements obtenus pour chacun des trois compartiments ;
- Prendre en considération le classement le plus défavorable de la substance active dans l'un des trois compartiments. Lorsque deux substances aboutissent au même classement selon ce schéma, on compare alors le deuxième classement le plus défavorable des substances pour les séparer. Et si tel est toujours le cas, on compare leur dernier classement.

La deuxième solution semble la meilleure. La première solution a le désavantage de lisser les classements et donc de minimiser la présence potentielle de la substance dans l'environnement.

### 3.3.5 Epidémiologie descriptive

Lorsque des données épidémiologiques existent, l'étape d'épidémiologie descriptive ne peut être effectuée que substance active par substance active.

# CONCLUSION

Le travail réalisé visait à proposer des **éléments de méthodologie** permettant de déterminer une liste de produits phytosanitaires ayant l'impact de santé publique le plus important en France. Par cette démarche, il a permis de faire le point sur les différentes sources de données sur les pesticides accessibles à tous et de faire le tour des personnes ressources susceptibles de communiquer des éléments de réponse ou d'aide. Des personnes désireuses d'avoir accès à des informations en relation avec les pesticides n'auront donc pas besoin de refaire ce travail.

Nous avons proposé de hiérarchiser des paramètres. Ainsi, les substances cancérigènes à effets stochastiques avérés, probables ou possibles ont été jugées comme ayant a priori le plus grand impact potentiel de santé publique. Les effets déterministes des substances actives de pesticides sont considérés seulement dans le cas d'une exposition forte suspectée. Ensuite, il faut s'assurer que leur présence dans l'environnement soit avérée (eau, aliments) ou probable (air). Lorsque les données sur l'exposition sont manquantes, les tonnages des substances actives croisés à la persistance des substances peuvent servir d'indicateur de l'exposition.

Le classement des substances actives de produits phytosanitaires ayant les impacts de santé publique les plus importants en France obtenu permettrait d'encourager les recherches épidémiologiques sur les substances actives qui entraînent le plus grand potentiel d'impact sanitaire sur les individus, i.e sur les substances auxquelles les personnes sont le plus potentiellement exposées. Des pistes de recherche devraient aussi être lancées sur un indicateur du couple « tonnage x persistance ».

Les impacts sanitaires étudiés se sont placés dans un esprit objectif. On ne tient pas compte ici de la perception de la population vis-à-vis des effets potentiels des produits phytosanitaires.

Plusieurs éléments d'informations ont pu être mis en lumière :

- La nature des substances actives de pesticides actuellement utilisées est portée à diffusion de tous grâce à l'Index phytosanitaire ACTA 2001. En ce qui concerne les substances actives utilisées par le passé, en France ou à l'étranger, la réponse n'est pas aussi évidente. A l'heure actuelle, on ne peut pas établir de liste exhaustive de toutes les substances actives qui ne sont plus utilisées et qui sont responsables d'effets sur la santé dans le passé, le présent et/ou le futur ou qui ont pu l'être dans le passé ;

- Les quantités de pesticides commercialisées à l'échelle nationale ne sont pas disponibles substance active par substance active. Les enjeux commerciaux et financiers entre les firmes expliquent en grande partie ce constat ;
- Les caractéristiques physicochimiques des substances actives sont généralement disponibles, même si les voies de diffusion sont assez limitées (ouvrage papier ou Minitel) ;
- L'un des points critiques de la démarche entreprise est l'identification des dangers observés après l'AMM des substances actives. Les dossiers d'homologation des produits phytosanitaires sont confidentiels. Les règles de décision de la Commission des Toxiques statuant sur l'Autorisation de Mise sur le Marché ne sont donc pas connus : la Commission a-t-elle jugé que le produit phytosanitaire ne présentait aucun risque, ou bien les bénéfices rendus par le produit phytosanitaire dépassent-ils largement les inconvénients inhérents à son utilisation ? Les réponses à ces questions sont inaccessibles au public. Les effets toxiques des substances actives sont publiés dans la littérature ouverte. Les organisations internationales qui ont décidé d'évaluer et de rendre publiques les effets toxiques des substances actives reprennent alors les résultats publiés dans la littérature scientifique, soumise auparavant à un examen critique.
- Par ailleurs, même si les effets d'une substance active sont clairement identifiés, il manque souvent la relation dose-effet permettant de corréler les effets d'une molécule à la dose reçue. De même, les voies et les niveaux d'exposition des populations ne sont pas toujours connus. L'ensemble de ces lacunes ne permet d'aboutir à l'estimation du risque associé à une substance active que pour quelques molécules seulement.

Il ne semble pas que des efforts soient réalisés sur la veille systématique des publications scientifiques. Ces efforts permettraient de réactualiser les effets toxiques des substances actives. Il n'existe pas à l'heure actuelle d'observation systématique des expositions aux pesticides pour la population générale. Une solution possible serait de mettre en place des observatoires sur les dangers et sur les expositions. Dans le secteur agricole, la Mutualité Sociale Agricole (MSA) a créé un réseau national de toxicovigilance[13] agricole, en partenariat avec l'Institut national de médecine agricole de Tours [29]. Cette démarche permet de mieux cerner les risques lors de l'utilisation professionnelle de produits phytosanitaires, mais seulement dans le cas d'intoxications aiguës suite à des empoisonnements (volontaires ou

[13] La toxicovigilance est la surveillance de l'ensemble des problèmes liés à l'emploi de produits toxiques.

accidentels). Malgré l'utilité de ce type de surveillance, cela ne reflète en aucune façon les conditions d'exposition de la population générale. En effet, les agriculteurs ne représentent que 2,5 % de la population active [30] et sont généralement exposés à des concentrations en pesticides très supérieures à celles que la population générale rencontre.

Malgré l'inexistence d'observatoires en France, l'UIPP et des associations se font l'avocat de ce genre de structures :

- L'UIPP souhaiterait voir créer un Observatoire National des résidus, à l'instar de l'Italie, de l'Allemagne ou de la Grande-Bretagne [31] ;
- L'association Eau et Rivières de Bretagne (ERB) demande instamment aux pouvoirs publics la création d'un Observatoire régional de l'azote et des pesticides, dans le but de connaître les quantités annuelles d'azote (effluents d'élevages et engrais minéraux) et de pesticides (volume et molécules) réellement épandues dans la région [32]. Cette information permettrait de mesurer l'évolution, réelle ou supposée, des pratiques des agriculteurs, des collectivités, et des particuliers, et, à plus long terme, de disposer de données sur la qualité des eaux.

# BIBLIOGRAPHIE


1. Giasson, B. and V. Lee, *A new link between pesticides and Parkinson's disease.* Nature Neuroscience, 2000. **3**(n°12): p. 1227-1228.http://www.nature.com/neuro/journal/v3/n12/pdf/nn1200_1227.pdf

2. Betarbet, R., *et al.*, *Chronic systemic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease.* Nature Neuroscience, 2000. **3**(n°12): p. 1301-1306.http://www.nature.com/neuro/journal/v3/n12/pdf/nn1200_1301.pdf

3. van der Werf, H.M.G., *Assessing the impact on the environment*, in *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1996. p. 81-96.http://www.inra.fr/dpenv/hayowc31.htm#3

4. Liboiron, G., *Les herbicides*, .http://www.unites.uqam.ca/sts/documents/travaux/gen/herbicides.html

5. Association de Coordination Technique Agricole, *Index phytosanitaire ACTA 1999*. 35ème ed. 1999, Paris

6. Ministère de l'Agriculture, *e-PHY : le catalogue officiel des produits phytopharmaceutiques sur Internet*, . 2001.http://www.agriculture.gouv.fr/e-phy/actu/accueil.asp

7. Ritter, L., K.R. Solomon, and J. Forget, *Persistent Organic Pollutants : An Assessment Report on DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Heptachlor, Hexachlorobenzene, Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls, Dioxins, and Furans*, . 1995, IPCS.http://irptc.unep.ch/pops/newlayout/infpopsalt.htm

8. British Crop Protection Council, *The Pesticide Manual - Twelfth edition*. Clive Tomlin ed. 2001

9. Institut National de Recherche Agronomique, *AGRITOX*, .3617 AGRITOX

10. Miller, T.L., *The EXtension TOXicology NETwork*, .http://ace.orst.edu/info/extoxnet/

11. Falcy, M., J.-M. Mur, and F. Pillière, *Les perturbateurs endocriniens.* Travail et Sécurité, 2000.http://www.inrs.fr/dossiers/pointsur8.html#Pour%20en%20savoir%20plus

12. Centre International de Recherche sur le Cancer, *Monographies du CIRC sur l'Evaluation des Risques de Cancérogénicité pour l'Homme*, .http://193.51.164.11

13. Centre International de Recherche sur le Cancer, *Rapport biennal 1998-1999*, . 2000: Lyon.http://www.iarc.fr/pageroot/GENERAL/BIEN_REPORTS/FRA/B_FRAtab.PDF

14. *ChemFinder.Com - Database and Internet Searching*, .http://chemfinder.cambridgesoft.com/

15. US Environmental Protection Agency, *Integrated Risk Information System*, . 2001.http://www.epa.gov/iris/

16. Pesticide Action Network, *Carcinogenicity*, .http://www.pesticideinfo.org/documentation3/ref_toxicity3.html#IARCCarcinogens

17. Pesticide Action Network, *Pesticide Action Network Pesticide Database*, .http://data.pesticideinfo.org/

18. Organisation Mondiale de la Santé, *World Health Organization Publications 1991-2001. Chemical toxicology, carcinogenicity*, . 2001.http://www.who.int/dsa/cat98/chemtox8.htm

19. Toxicology Excellence for Risk Assessment and Concurrent Technologies Corporation, *ITER - International Toxicity Estimates for Risk*, .http://www.tera.org/iter/about/

20. Union des Industries de la Protection des Plantes, *La TGAP - Réforme de la fiscalité environnementale*, .http://www.uipp.org/opinions/opinions.htm#b2

21. CREDOC, AFSSA, and Ministère de l'agriculture et de la pêche, *Enquête individuelle et nationale sur les consommations alimentaires*. TEC & DOC ed. 2000. 158 pages.http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/Inca-résumé.pdf - http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/Rapinca.pdf

22. Laboratoire d'étude et de Recherche en Environnement et Santé, *Bilan des modalités de surveillance de la contamination par les produits phytosanitaires de l'eau et des denrées alimentaires*, . 2001. p. 21-44

23. Jouany, J.-M. and E. Dabène, *Classements des substances actives phytosanitaires en vue de la surveillance de la qualité des eaux à l'échelle nationale*, . 1994, Comité de liaison " Eaux - Produits antiparasitaires "

24. Marlière, F., *Mesure des pesticides dans l'atmosphère*, . 2000, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

25. Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air, *Métrologie de la qualité de l'air - Mise au point de méthodes de mesure - étude des nouveaux polluants*, . 2001.http://www.ineris.fr/connaitre/domaines/chroniques/lcsqa/lcsqa.htm

26. Allanou, R., B.G. Hansen, and Y. van der Bilt, *Public Availibility of Data on EU High Production Volume Chemicals*, . 1999, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection, European Chemicals Bureau.http://ecb.ei.jrc.it/cgi-bin/reframer.pl?A=EX&B=/wwwecb/existing-chemicals/datavail.htm

27. ROUSSE, C., M. ROUGE, and H. DECHARIAUX , *La réglementation sur*

*les produits chimiques*, . 2001, DGS / SD7B

28. Extension Toxicology Network, *Movement of pesticides in the environment*, . 1993.http://ace.orst.edu/info/extoxnet/tibs/movement.htm

29. Mutualité Sociale Agricole du département de la Vienne, *Phytosanitaires - Un réseau national de toxicovigilance*, . 2001.http://www.msa86.fr/prevention/toxovig.htm

30. Amossé, T., *Recensement de la population de 1999 - L'espace des métiers de 1990 à 1999.* INSEE Première, 2001. **N° 790**.http://www.insee.fr/fr/ffc/docs_ffc/IP790.pdf

31. Union des Industries de la Protection des Plantes, *Santé des bébés, des consommateurs et produits phytosanitaires.* Tout le monde en parle, 1999.http://www.uipp.org/publications/tout_le_monde.htm

32. Eau & Rivières de Bretagne, *Pollution des eaux bretonnes - Cinq mesures indispensables pour Eau & Rivières de Bretagne*, . 2000.http://assoc.wanadoo.fr/erb/actu14.htm

# Liste des annexes

**Annexe 1 : Quantités de substances actives commercialisées en France en 2000 par les adhérents de l'UIPP ..... 48**

**Annexe 2 : Liste des substances actives évaluées par le CIRC ..... 51**

**Annexe 3 : Les perturbateurs endocriniens ..... 52**

**Annexe 4 : Quantités de substances actives commercialisées en France de 1990 à 2000 basées sur les déclarations volontaires des adhérents de l'UIPP .... 54**

**Annexe 5 : Listes des substances actives de pesticides recherchées par les DDASS, DGCCRF et DSV (1998) ..... 55**

# ANNEXE 1 : QUANTITES DE SUBSTANCES ACTIVES COMMERCIALISEES EN FRANCE EN 2000 PAR LES ADHERENTS DE L'UIPP

| INSECTICIDES - ACARICIDES | Tonnages |
|---|---|
| **Carbamates :** aldicarbe, benfuracarbe, carbaryl, carbofuran, fenoxycarbe, formétanate, furathiocarbe, methomyl, pyrimicarbe, thiofanox | 976 |
| **Organochlorés :** endosulfan, lindane | 194 |
| **Organophosphorés :** acéphate, azinphos-méthyle, chlorfenvinphos, chlormephos, chlorpyriphos-éthyl, chlorpyriphos-méthyl, diazinon, dichlofenthion, dichlorvos, diméthoate, disulfoton, ethion, ethoprophos, fénitrothion, fenthion, fonophos, formothion, heptenophos, isophenphos, malathion, methamidophos, methidathion, mévinphos, ométhoate, oxydéméthon méthyle, parathions éthyl et méthyl confondus, phosalone, phorate, phosmet, phoxime, pyrimiphos méthyle, quinalfos, sulfotep, temephosterbufos, thiometon, vamidothion | 1 287 |
| **Pyréthrinoï des :** alphamethrine, bêtacyfluthrine, bifenthrine, cyfluthrine, cypermethrine, deltaméthrine, esfenvalerate, fenpropathrine, lambacyhalothrine, permethrine, tau-fluvalinate, téfluthrine, tralométhrine, zétacyperméthrine | 193 |
| **Insecticides divers :** abamectin, acrinathrine, amitraze, bacillus thuringiensis, buprofézine, cyromazine, diflubenzuron, fipronil, flufénoxuron, imidaclopride, lufénuron, tébufénozide, triazamate, triflumuron | 367 |
| **Acaricides :** azocyclotin, bromopropylate, clofentézine, dicofol, fénazaquin, fenbutatin-oxyde, fenpyroximate, propargite, pyridabène, tébufenpyrad, tétradifon | 86 |
| **Total Insecticides - Acaricides** | **3 103** |

| FONGICIDES | Tonnages |
|---|---|
| **Carbamates :** bénomyl, carbendazime, diéthofencarbe, HCl, mancozèbe, manèbe, métirame-zinc, propamocarbe- propinèbe, thiabendazole, thiophanate-méthyle, thirame, zinèbe, zirame | 6 893 |
| **Dérivés du benzène :** chlorothalonil, quintozène | 891 |
| **Dicarboximides :** captane, folpel, iprodione, procymidone, vinclozoline | 3 663 |
| **Amines, amides :** bénalaxyl, carboxine, cymoxanil, flutolanil, mepronil, métalaxyl, ofurace, oxadixyl, triforine | 649 |
| **Inhibiteurs de la Biosynthèse des Stérols (IBS) :** bitertanol, bromuconazole, cyproconazole, | 2 423 |

| | |
|---|---|
| difénoconazole, diniconazole, diméthomorphe, époxiconazole, fenbuconazole, fenpropimorphe, fluquinconazole, flusilazole, flutriafol, hexaconazole, metconazole, myclobutanil, penconazole, propiconazole, tébuconazole, tétraconazole, triadiméfon, triadiménol, triticonazole, tridémorphe | |
| **Cuivre :** cuivre formulé, cuivre sulfate, oxychlorure de cuivre et oxyquinoléate de cuivre | 5 053 |
| **Soufre formulé** | 26 307 |
| **Fongicides divers :** anilazine, azoxystrobine, arsenite de sodium, bupirimate, cyprodinil, dichlofluanide, dinocap, dithianon, doguadine, famoxadone, fénarimol, fenpiclonil, fenpropidine, fentine acétate, fentine hydroxyde, fluazinam, fludioxonil, fosétyl-Al, hyméxazol, imazalil, krésoxim-méthyle, nuarimol, oxyquinoléine, pencycuron, prochloraze, pyrifénox, pyriméthanil, quinoxyfen, spiroxamine, tolclofos-méthyle, triazoxide, pyrazophos, tolylfluanide, triacétate de guazatine | 6 955 |
| **Total Fongicides** | **52 834** |

| **HERBICIDES** | **Tonnages** |
|---|---|
| **Benzonitriles :** bromoxynil, chlortiamide, dichlobénil, ioxynil | 537 |
| **Diphényl-éthers :** bifenox, fluoroglycofène-éthyl, fomesafen, oxyfluorfene | 191 |
| **Acides phénoxy-alcanoï ques :** 2,4-D, 2,4-DB, 2,4-MCPA, 2,4-MCPB, dichlorprop, mécoprop, mécoprop-p | 2 396 |
| **Carbamates :** asulame, carbétamide, desmediphame, EPTC, molinate, phenmediphame, prosulfocarbe, triallate | 996 |
| **Urées substituées :** chlortoluron, diuron, isoproturon, linuron, méthabenzthiazuron, métobromuron, métoxuron, monolinuron | 5 033 |
| **Diazines :** bentazone, bromacile, chloridazone, lénacile, norflurazon, pyridate | 712 |
| **Triazines :** atrazine, cyanazine, prométryne, simazine, terbuthylazine, terbutryne | 3 024 |
| **Triazinones :** hexazinone, métamitrone, métribuzine | 643 |
| **Amides et Chloroacétamides :** acétochlore, alachlore, dimethénamid, métazachlore, métolachlor, napropamide, propachlor, propanil, propyzamide, tébutame | 4 765 |
| **Toluidines :** benfluraline, butraline, oryzalin, pendiméthaline, trifluraline | 1 675 |
| **Dérivés picoliniques :** clopyralid, fluroxypyr, piclorame, triclopyr | 430 |
| **Sulfonylurées :** amidosulfuron, bensulfuron, chlorsulfuron, cinosulfuron, flazasulfuron, flupyrsulfuron-méthyle, metsulfuron-méthyle, nicosulfuron, prosulfuron, rimsulfuron, thifensulfuron-méthyle, triasulfuron, tribénuron-méthyle, triflusulfuron-méthyle | 72 |

| | |
|---|---|
| **Aryloxyphénoxy et amino propionates :** diclofop-méthyle, fénoxaprop-éthyle, flamprop isopropyl, fluazifop-p-butyle, haloxyfop-éthoxyéthyle, propaquizafop, quizalofop-éthyle, quizalofop-éthyle (isomère D) | 256 |
| **Herbicides divers et phytoprotecteurs :** aclonifen, aminotriazole, bénoxacor, carfentrazone, cléthodime, clodinafop-propargyl, clomazone, cycloxydime, dicamba, diflufénicanil, diméfuron, diquat, DNOC, éthofumésate, flurochloridone, flurtamone, glufosinate-ammonium, glyphosate, isoxaben, isoxaflutole, métosulam, sulcotrione, dalapon, cloquintocet-méxyl, fenclorim, flufénacet, flumioxazine, imazaméthabenz, imazaquine, naptalame, oxadiazon, paraquat, prétilachlore, quinchlorac, quinmérac, sulfosate, thiocyanate d'ammonium | 10 115 |
| **Total Herbicides** | **30 845** |

| **AUTRES PRODUITS** | **Tonnages** |
|---|---|
| **Nématicides :** dichloropropène, metam-sodium | 979 |
| **Rodonticides :** bromadiolone, chlorophacinone, diféthialone | 1 |
| **Molluscicides :** mercaptodiméthur, métaldéhyde, thiodicarbe | 369 |
| **Substances de croissance :** ANA, chlorméquat chlorure, chlorprophame, chlorure de choline, éthéphon, hydrazide maléique, mépiquat chlorure, paclobutrazol, prohexadione-calcium, trinexapac-éthyle | 3 184 |
| **Produits divers :** alcools gras, amines grasses éthoxylées, chlorure de calcium, huiles, nonylphénol, anthraquinone | 3 379 |
| **Total Autres produits** | **7 912** |
| **TOTAL** | **94 694** |

# ANNEXE 2 : LISTE DES SUBSTANCES ACTIVES EVALUEES PAR LE CIRC

| Substances actives (seules ou en mélange) évaluées par le CIRC | Nombre |
|---|---|
| **Groupe 1 :** amiante, benzène, cadmium, cyclophosphamide, oxyde d'éthylène, talc, brais de houille, goudrons de houille | 9 |
| **Groupe 2A :** acrylamide, captafol, p-chloro-o-toluidine et ses sels, dibromo-1,2-éthane, épichlorohydrine, formaldéhyde, méthylène-4,4'bis(chloro-2-aniline), N-méthyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine, N-méthyl-N-nitroso-urée, tétrachloroéthylène, trichloroéthylène, créosotes, biphényls polychlorés, insecticides non arsenicaux (expositions professionnelles lors de l'épandage et de l'application) | 14 |
| **Groupe 2B :** acétaldéhyde, acétate de médroxyprogestérone, acrylonitrile, amitrole (ou aminotriazole), aramite®, auramine, butyl hydroxyanisole (BHA), chlordane, chlordécone, p-chloroaniline, chloroforme, DDT, dibromo-1,2-chloro-3-propane, p-dichlorobenzène, dichloro-1,2-éthane, dichlorométhane, dichloro-1,3-propène, dichlorvos, diméthyl-2,6-aniline, diméthyl-1,1-hydrazine, éthylènethiourée, griséofulvine, heptachlore, herbicides chlorophénoxylés, hexachlorobenzène, hexachlorocyclohexanes, hexachloroéthane, méthylène-4,4'-dianiline, métrodinazole, mirex, nitrobenzène, nitrofène, N-nitrosodi-N-propylamine, oxyde de propylène, o-phénylphénate de sodium, phénytoï ne, â-propiolactone, safrol, sulfallate, tétrachloroisophtalonitrile, tétrachlorure de carbone, thiourée, extraits de bitumes, essence, toxaphène | 45 |
| **Groupe 3 :** acide-p-aminobenzoï que, acide chlorhydrique, acide polyacrylique, acide tannique, acide trichloroacétique, acroléine, aldicarbe, aldrine, aniline, atrazine, azobenzène, bis(2-chloroéthyl) éther, bis(2-chloro-1-méthyléthyl) éther, bleu brillant FCF (sel disodique), bromure de méthyle, butoxyde de pipéronyle, cantharidine, captane, carbaryl, chlordiméform, chlorite de sodium, chlorodifluorométhane, chlorprophame, chlorure de méthyle, chlorure de vinylidène, coumarine, crotonaldéhyde, cyclohexanone, deltaméthrine, diallate, 1,2-dichlorobenzène, 4,4'-dichlorobenzilate d'éthyle (chlorobenzilate), 1,2-dichloropropane, dicofol, dieldrine, diméthoxane, p-diméthylaminoazobenzènediazosulfonate de sodium (fenaminosulf), diméthylformamide, dioxyde de soufre, 2,6-di-tert-butyl-p-crésol, endrine, éthylène, eugénol, fenvalérate, ferbame, fluométuron, fluorures, furazolidone, furfural, hexachlorophène, hydrate de chloral, hydrazide de l'acide maléique, 8-hydroxyquinoléate de cuivre, 8-hydroxyquinoléine, isocyanate d'allyle, isopropanol, isothiocyanate d'allyle, malathion, manèbe, mélamine, mercure, méthotrexate, méthoxychlore, parathion-méthyl, monuron, morpholine, 1-naphtylthiourée, nitrofural (nitrofurazone), parathion, pentachloroéthane, perméthrine, peroxyde de benzoyle, peroxyde d'hydrogène, phénol, o-phénylphénol, phtalate de di(éthyl-2-hexyle), piclorame, polyéthène, polyvinylpyrrolidone, prophame, pyridine, p-quinone, quintozène, réserpine, résorcinol, sélénium, simazine, sulfaméthoxazole, talc, 1,1,2,2-tétrachloroéthane, tétrachlorvinphos, thirame, toluène, trichlorfon, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane, triéthanolamine, trifluraline, xylènes, zectrane, zinèbe, zirame, bitumes raffinés à la vapeur, pétrole brut, polychlorures de terpène | 107 |
| **Groupe 4 :** | 0 |
| **TOTAL** | **175** |

# ANNEXE 3 : LES PERTURBATEURS ENDOCRINIENS

Les perturbateurs endocriniens (ou modulateurs endocriniens ou disrupteurs endocriniens ou xénoestrogènes) sont des substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent interférer avec la synthèse, le stockage, le transport (dans l'organisme), le métabolisme, la fixation, l'action ou l'élimination des hormones naturelles. Ils sont susceptibles de modifier le fonctionnement d'une partie du système endocrinien et de provoquer des conséquences sur la reproduction et le comportement. Les effets peuvent également se manifester sur la descendance des sujets exposés.

Le système endocrinien comprend des glandes, plusieurs fonctions du cerveau et les organes et tissus du corps qui y sont associés. Par exemple, la thyroï de, les glandes surrénales, la glande pituitaire et les glandes du système reproducteur sont toutes des glandes qui sécrètent des hormones qui diffusent dans tout l'organisme par la circulation sanguine. Les hormones livrent des messages aux cellules commandant ainsi la régulation de nombreux processus physiologiques de l'organisme. Par exemple, les oestrogènes (hormones féminines élaborées par les ovaires) sont nécessaires pour régulariser la croissance, la reproduction et l'immunité.

## MODES D'ACTION

Un perturbateur endocrinien présent dans le système sanguin peut interférer de six façons différentes[14] :

- Il imite la bonne hormone en s'insérant parfaitement dans le récepteur hormonal (ex : DDT). Ainsi, les messages peuvent être trop fréquents ou arriver au mauvais moment affectant ainsi les récepteurs.
- Il stimule fortement la sécrétion de l'hormone dont l'effet devient amplifié.
- Il bloque l'hormone naturelle en occupant lui-même tous les récepteurs. Aucun message ne parvient alors aux cellules (ex : vinchozoline, pyréthrinoï des).
- Il force l'élimination de l'hormone naturelle en accélérant sa destruction. L'hormone est donc présente en quantité trop faible (ex : PCB, dioxines).
- Il empêche l'élimination de l'hormone naturelle en interférant avec les enzymes chargées de la détruire. L'hormone est donc présente en trop forte quantité et envoie plus de signaux aux récepteurs que ce qui est nécessaire.

---

[14] WWF Canada, 1999

- Il détruit la structure même de l'hormone naturelle ou altère la synthèse de celle-ci, ce qui cause une diminution de l'hormone dans l'organisme.

Les perturbateurs endocriniens forment généralement un mélange de composés à effets contradictoires dans l'organisme. Certains effets sont donc provoqués par l'insuffisance d'une hormone alors que d'autres sont inhérents à une surcharge hormonale. Ainsi, il est difficile de relier chaque symptôme à un modulateur endocrinien particulier.

## EFFETS CHEZ L'HOMME

Les effets potentiels des perturbateurs endocriniens sur la santé humaine sont sujets à controverse, et en dehors du diéthylstilbestrol ou de certains pesticides tels que le dibromochloropropane (DBCP) et de situations accidentelles (riz contaminé par du DBCP), une relation causale entre exposition à une substance spécifique et effets néfastes sur la santé humaine via un mécanisme de perturbation endocrinienne n'a pas encore été établie.

Les conséquences potentielles de ces effets sur le système endocrinien peuvent être assez variés :

- Altération des fonctions de reproduction : anomalies du sperme en qualité et quantité chez les hommes (ex : DBCP, vinchlozoline) ; anomalies de la différentiation sexuelle, de la fonction ovarienne, de la fertilité, de l'implantation et de la gestation chez les femmes ;
- Malformations du système reproducteur : cryptorchidie, hypospadias, hypoplasie testiculaire, kyste épididymaire ;
- Inversement du « sex-ratio » (ex : DBCP, vinchlozoline) ;
- Altération du système immunitaire ;
- Augmentation de fréquences de certaines tumeurs : cancers testiculaires ou du sein, endométriose ;
- Perturbation de la fonction thyroï dienne.

## ANNEXE 4 : QUANTITES DE SUBSTANCES ACTIVES COMMERCIALISEES EN FRANCE DE 1990 A 2000 BASEES SUR LES DECLARATIONS VOLONTAIRES DES ADHERENTS DE L'UIPP[15]

| | Insecticides - Acaricides | Fongicides | Herbicides | Divers | Total |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tonnages 2000** | 3 103 (3,3 %) | 52 834 (55,8 %) | 30 845 (32,6 %) | 7 912 (8,4 %) | 94 694 |
| **Tonnages 1999** | 4 522 (4,3 %) | 58 312 (55,8 %) | 35 891 (34,3 %) | 5 770 (5,5 %) | 104 495 |
| **Tonnages 1998** | 4 672 (4,3 %) | 59 794 (55,0 %) | 36 439 (33,5 %) | 7 835 (7,2 %) | 108 740 |
| **Tonnages 1997** | 6 074 (5,5 %) | 64 050 (58,3 %) | 33 576 (30,6 %) | 6 092 (5,5 %) | 109 792 |
| **Tonnages 1996** | 5 400 (5,5 %) | 48 625 (49,7 %) | 36 000 (36,8 %) | 7 800 (8,0 %) | 97 825 |
| **Tonnages 1995** | 7 091 (8,4 %) | 42 578 (50,7 %) | 27 416 (32,6 %) | 6 921 (8,2 %) | 84 006 |
| **Tonnages 1994** | 4 558 (5,1 %) | 49 399 (55,2 %) | 29 923 (33,4 %) | 5 635 (6,3 %) | 89 515 |
| **Tonnages 1993** | 5 408 (5,9 %) | 54 254 (59,0 %) | 25 982 (28,3 %) | 6 309 (6,9 %) | 91 953 |
| **Tonnages 1992** | 6 110 (7,2 %) | 44 786 (52,9 %) | 27 281 (32,2 %) | 6 532 (7,7 %) | 84 709 |
| **Tonnages 1991** | 7 096 (6,9 %) | 55 565 (53,7 %) | 33713 (32,6 %) | 7 060 (6,8 %) | 103 434 |
| **Tonnages 1990** | 7 718 (7,9 %) | 41 514 (42,5 %) | 37 429 (38,3 %) | 11 040 (11,3 %) | 97 701 |

[15] Données consultables sur le site Internet de l'UIPP : http://www.uipp.org

# ANNEXE 5 : LISTES DES SUBSTANCES ACTIVES DE PESTICIDES RECHERCHEES PAR LES DDASS, DGCCRF ET DSV (1998)

*Liste des pesticides recherchés sur les eaux par les DDASS (1998)*

| Pesticides homologués | | | Pest.non homologués/**Métabolites** |
|---|---|---|---|
| 2,4-D | dicofol | oxadiazinon | 1,2 dibromo-3-chloropropane |
| 2,4-DB | diflubenzuron | oxadixyl | 2,4,5-T |
| 2,4-MCPA | diméthenamide | oxydéméton-méthyl | **aldicarbe sulfoné** |
| 2,4-MCPB | diméthoate | parathion-éthyl | **aldicarbe sulfoxyde** |
| aclonifène | dinocap | parathion-méthyl | aldrine |
| alachlore | dinoterbe | pendiméthaline | alpha-HCH |
| aldicarbe | disulfoton | phenmédiphame | **atrazine déisopropyldééthyl** |
| améthryne | diuron | phorate | **atrazine déisopropyl** |
| aminotriazole | endosulfan | phosalone | **atrazine déséthyl** |
| amitraze | epoxyconazole | phosphamidon | **atrazine hydoxy** |
| atrazine | éthofumésate | phoxime | bêta-HCH |
| azinphos-éthyl | ethoprophos | prochloraz | bromophos-éthyl |
| azinphos-méthyl | fénarimol | procymidone | bromophos-méthyl |
| bénalaxyl | fénitrothion | prométryne | buturon |
| bendiocarbe | fenpropathrine | propachlore | captafol |
| benfluraline | fenpropimorphe | propanil | **carbofuran hydroxy** |
| benomyl | fenthion | propargite | carbophenothion |
| bentazone | fluazifop-P-Butyl | propetamphos | chlorbufame |
| bifénox | flufenoxuron | propiconazole | chlordane |
| bifenthrine | fluoroxypir1méthyl | propyzamide | coumaphos |
| bromacil | flurochloridone | pyrazophos | cycluron |
| bromoxynil | flusilazole | pyridate | DDT(+isomères) |
| butraline | flutriafol | pyrifénox | delta-HCH |
| captane | folpel | pyrimicarbe | déméton |
| carbaryl | fonofos | pyrimiphos-éthyl | diallate |
| carbendazime | formothion | pyrimiphos-méthyl | 1,2-dibromoéthane |
| carbétamide | glyphosate | quintozène | dichloropropane |
| carbofuran | haloxyfop éthoxyéthyl | simazine | dichlorpropylène |
| chlorfenvinphos | hexaconazole | tébuconazole | dieldrine |
| chloridazone | hexazinone | tébutame | dinitrocresol |
| chlormephos | imazalil | tébuthiuron | dinoseb |
| chlorophacinone | ioxynil | terbacil | endrine |
| chlorothalonil | iprodione | terbufos | éthion |
| chloroxuron | isophenphos | terbuméton | fenchlorphos |
| chlorprophame | isoproturon | terbuthylazine | fenuron |
| chlorpyriphos-éthyl | isoxaben | tétraconazole | fluométuron |
| chlorpyriphos-méthyl | lambda cyhalothrine | thiométon | gamma-HCH |
| chlorsulfuron | linuron | thiophanate-méthyl | heptachlore |
| chlortoluron | malathion | tralométhrine | **heptachlore époxyde** |
| cyanazine | mécoprop | triadiméfon | hexachlorobenzène |
| cyfluthrine | mercaptodiméthur | triadiménol | isodrine |
| cymoxanil | métamithrone | triallate | méthiocarbe |
| cyperméthrine | métazachlore | triclopyr | méthoxychlore |
| cyproconazole | méthabenzthiazuron | trifluraline | monuron |
| cyprodinil | méthidathion | vamidothion | naphtol |
| deltaméthrine | méthomyl | vinchlozoline | oxamyl |

| | | | |
|---|---|---|---|
| déméton-S-méthyl sulfone | métobromuron | | pentachlorophénol |
| desméthryne | métolachlore | | prométone |
| diazinon | métoxuron | | propazine |
| dicamba | métribuzine | | propoxur |
| dichlobenil | mévinphos | | secbuméton |
| dichlofenthion | monolinuron | | fenoprop |
| dichlofluanide | naled | | **simazine hydroxy** |
| dichloropropène | napropamide | | thiazafluron |
| dichlorprop | néburon | | triazophos |
| dichlorvos | norflurazone | | trichloronate |
| diclofop-méthyl | oryzalin | | trichlorfon |

*Liste des pesticides recherchés sur les denrées végétales par la DGCCRF (1998)*

| Pesticides homologués | | | Pest.non homologués |
|---|---|---|---|
| acéphate | disulfoton | parathion-éthyl | aldrine |
| acrinathrine | dithianon | parathion-méthyl | alléthrine |
| aldicarbe | dithiocarbamates | penconazole | alpha-HCH |
| alphaméthrine | dodémorphe | pendiméthaline | aminocarbe |
| amitraze | endosulfan | perméthrine | bêta-HCH |
| anthraquinone | éthiophencarbe | phorate | binapacryl |
| atrazine | ethoprophos | phosalone | bromophos-éthyl |
| azaméthiphos | ethoxyquine | phosmet | bromophos-méthyl |
| azinphos-éthyl | ethyrimol | phosphamidon | bromures |
| azinphos-méthyl | fénarimol | phoxime | captafol |
| bénalaxyl | fenbuconazole | piperonyl butoxyde | carbophenothion |
| bendiocarbe | fénitrothion | prochloraz | chlordane |
| benfuracarbe | fénoxycarb | procymidone | chlorfenson |
| bifenthrine | fenpropathrine | propachlore | chlorobenzilate |
| bitertanol | fenpropimorphe | propamocarbe | coumaphos |
| bromopropylate | fenthion | propargite | cyanophenphos |
| bromuconazole | fenvalérate | propetamphos | cyanophos |
| bupirimate | fluazifop-P-Butyl | prophame | DDT |
| buprofézine | fluazinam | propiconazole | delta-HCH |
| captane | fludioxonil | propyzamide | dialiphos |
| carbaryl | flusilazole | pyrazophos | dichlorane |
| carbendazime | flutolanil | pyridabène | diclobutrazole |
| carbofuran | flutriafol | pyridafenthion | dieldrine |
| carbosulfan | folpel | pyridate | dioxacarbe |
| carboxine | fonofos | pyriméthanil | diphényl |
| chinométhionate | formothion | pyrimicarbe | ditalimphos |
| chlorfenvinphos | furalaxyl | pyrimiphos-éthyl | endrine |
| chlormephos | furathiocarbe | pyrimiphos-méthyl | etridiazole |
| chlorothalonil | heptenophos | quinalfos | étrimfos |
| chlorprophame | hexaconazole | quintozène | fénamiphos |
| chlorpyriphos-éthyl | hydrazide maléique | quizalafop éthyl | fenchlorphos |
| chlorpyriphos-méthyl | imazalil | simazine | fenizon |
| chlorthal | imidaclopride | sulfates | flubenzimine |
| chlozolinate | iprodione | sulfotep | gamma-HCH |
| clofentézine | isazophos | tau-fluvalinate | heptachlore époxyde |
| cyfluthrine | isophenphos | tébuconazole | hexachlorobenzène |
| cymoxanil | lambda cyhalothrine | tébufenoside | iodofenphos |
| cyperméthrine | malathion | tébufenpyrad | mécarbame |

| | | | |
|---|---|---|---|
| cyproconazole | mépronil | téfluthrine | methacrifos |
| cyromazine | métalaxyl | temephos | méthiocarbe |
| daminozide | metconazole | terbufos | méthoxychlore |
| deltaméthrine | methamidophos | tétraconazole | nitrothale-isopropyl |
| déméton-S-méthyl sulfone | méthidathion | tétradifon | pentachlorophénol |
| desméthryne | méthomyl | thiabendazole | promécarbe |
| diazinon | métolachlore | thiodicarbe | propoxur |
| dichlofenthion | métribuzine | thiométon | prothiophos |
| dichlofluanide | mévinphos | tolchlofos-méthyl | tecnazène |
| dichlorvos | monalide | tolyfluanide | tétrachlorvinphos |
| dicofol | monocrotophos | triadiméfon | tétraméthrine |
| dienochlore | myclobutanil | triadiménol | tétrasul |
| diéthion | naled | triallate | triazophos |
| diéthofencarb | nuarimol | trichlorfon | trichloronate |
| diféniconazole | ométhoate | tridémorphe | |
| diméthoate | orthophénylphénol | trifluraline | |
| diniconazole | oxadixyl | triticonazole | |
| dinocap | oxycarboxine | vamidothion | |
| diphénylamine | oxydéméton-méthyl | vinchlozoline | |

*Liste des pesticides recherchés dans les denrées animales par la DSV (1998)*

| Pesticides homologués | Pesticides non homologués |
|---|---|
| acéphate | alpha-HCH |
| chlorothalonil | beta-HCH |
| chlorpyriphos-éthyl | chlordane |
| chlorpyriphos-méthyl | DDT(+isomères) |
| cyfluthrine | dieldrine |
| cyperméthrine | endrine |
| deltaméthrine | fenvalérate |
| diazinon | gamma-HCH |
| dichlorvos | heptachlore |
| dicofol | hexachlorobenzène |
| disulfoton | triazophos |
| endosulfan | |
| iprodione | |
| lambda cyhalothrine | |
| methamidophos | |
| méthidathion | |
| perméthrine | |
| phorate | |
| procymidone | |
| pyrimiphos-méthyl | |
| vinchlozoline | |