

Université de Lille 2  
Année Universitaire 2011/2012

Faculté des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques de Lille

**THESE  
POUR LE DIPLOME D'ETAT  
DE DOCTEUR EN PHARMACIE**

**Soutenue publiquement le vendredi 8 juin 2012  
Par Mlle BECART Alice**

---

**IMPACTS SUR LA SANTE DES  
RESIDUS DE PESTICIDES DANS  
L'ALIMENTATION**

---

**Membres du jury :**

**Président :** Monsieur Michel Lhermitte  
Professeur à la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de  
Lille 2

**Assesseur(s) :** Monsieur Guillaume Garçon  
Professeur à la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de  
Lille 2

**Membre(s) extérieur(s) :** Madame Anne-Adélaïde Cracco  
Docteur en pharmacie au Centre Hospitalier de Valenciennes



## Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille

rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX

☎ 03.20.96.40.40 - 📠 : 03.20.96.43.64

<http://pharmacie.univ-lille2.fr>



Université Lille 2  
Droit et Santé

### Université Lille 2 – Droit et Santé

Président :	Professeur Christian SERGHERAERT
Vice- présidents :	Madame Stéphanie DAMAREY Professeur Marie-Hélène FOSSE-GOMEZ Professeur Régis MATRAN Professeur Salem KACET Professeur Paul FRIMAT Professeur Xavier VANDENDRIESSCHE Professeur Patrick PELAYO Madame Claire DAVAL Madame Irène LAUTIER Monsieur Larbi AIT-HENNANI Monsieur Rémy PAMART
Secrétaire général :	Monsieur Pierre-Marie ROBERT

### Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Doyen :	Professeur Luc DUBREUIL
Vice-Doyen, 1 <sup>er</sup> assesseur :	Professeur Damien CUNY
Assesseurs :	Mme Nadine ROGER Professeur Philippe CHAVATTE
Chef des services administratifs :	Monsieur André GENY

### Liste des Professeurs des Universités :

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	ALIOUAT	El Moukhtar	Parasitologie
Mme	AZAROUAL	Nathalie	Physique
M.	BAILLEUL	François	Pharmacognosie
M.	BERTHELOT	Pascal	Chimie Thérapeutique 1
M.	CAZIN	Jean-Louis	Pharmacologie – Pharmacie clinique
M.	CHAVATTE	Philippe	Chimie Thérapeutique
M.	COURTECUISSÉ	Régis	Sciences végétales et fongiques
M.	CUNY	Damien	Sciences végétales et fongiques
Mlle	DELBAERE	Stéphanie	Physique
M.	DEPREZ	Benoît	Chimie Générale
Mme	DEPREZ	Rebecca	Chimie Générale
M.	DUPONT	Frédéric	Sciences végétales et fongiques
M.	DURIEZ	Patrick	Physiologie
M.	GARÇON	Guillaume	Toxicologie
Mlle	GAYOT	Anne	Pharmacotechnie Industrielle
M.	GESQUIERE	Jean-Claude	Chimie Organique
M.	GOOSSENS	Jean François	Chimie Analytique

Mme	GRAS	Hélène	Chimie Thérapeutique 3
M.	LEMDANI	Mohamed	Biomathématiques
Mme	LESTAVEL	Sophie	Biologie Cellulaire
M.	LUC	Gerald	Physiologie
Mme	MELNYK	Patricia	Chimie Générale
Mme	MUHR – TAILLEUX	Anne	Biochimie
Mme	PAUMELLE-LESTRELIN	Réjane	Biologie Cellulaire
Mme	PERROY – MAILLOLS	Anne Catherine	Droit et déontologie pharmaceutique
Mlle	ROMOND	Marie Bénédicte	Bactériologie
Mme	SAHPAZ	Sevser	Pharmacognosie
M.	SIEPMANN	Juergen	Pharmacotechnie Industrielle
M.	STAELS	Bart	Biologie Cellulaire
M	TARTAR	André	Chimie Organique
M.	VACCHER	Claude	Chimie Analytique
M.	VION	Daniel	Droit et déontologie pharmaceutique

### Liste des Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	BROUSSEAU	Thierry	Biochimie
M	BRUNET	Claude	Pharmacologie
Mme	CAPRON	Monique	Immunologie
M.	DINE	Thierry	Pharmacie clinique
M.	DUBREUIL	Luc	Bactériologie et Virologie Cliniques
M.	DUTHILLEUL	Patrick	Hématologie
M.	GAMOT	André	Chimie Analytique
M.	GRESSIER	Bernard	Pharmacologie
M.	LHERMITTE	Michel	Toxicologie
M.	LUYCKX	Michel	Pharmacie clinique
M.	ODOU	Pascal	Pharmacie Galénique
M.	DEPREUX	Patrick	Chimie Organique (ICPAL)
M.	BONTE	Jean-Paul	Chimie Analytique et (ICPAL)

### Liste des Maitres de Conférences

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	AGOURIDAS	Laurence	Chimie Générale
Mme	ALIOUAT	Cécile Marie	Parasitologie
Mme	AUMERCIER	Pierrette	Biochimie
Mme	BANTUBUNGI	Kadiombo	Biologie cellulaire
Mme	BARTHELEMY	Christine	Pharmacie Galénique
M.	BEGHYN	Terence	Chimie Thérapeutique 3
Mme	BEHRA	Josette	Bactériologie
M.	BERTHET	Jérôme	Physique
M.	BERTIN	Benjamin	Immunologie
M.	BLANCHEMAIN	Nicolas	Pharmacotechnie industrielle
M.	BOCHU	Christophe	Physique
M.	BOUTILLON	Christophe	Chimie Organique
M.	BRIAND	Olivier	Biochimie
Mme	CACHERA	Claude	Biochimie
M.	CARATO	Pascal	Chimie Thérapeutique 2
M.	CARNOY	Christophe	Immunologie

Mme	CARON	Sandrine	Biologie cellulaire
Mlle	CHABÉ	Magali	Parasitologie
Mlle	CHARTON	Julie	Chimie Organique
M	CHEVALIER	Dany	Toxicologie
M.	COCHELARD	Dominique	Biomathématiques
Mlle	DANEL	Cécile	Chimie Analytique
Mme	DEMANCHE	Christine	Parasitologie
Mlle	DEMARQUILLY	Catherine	Biomathématiques
Melle	DUMONT	Julie	Biologie cellulaire
M.	FARCE	Amaury	Chimie Thérapeutique 2
Mlle	FLAMENT	Marie-Pierre	Pharmacotechnie Industrielle
Mlle	FLIPO	Marion	Chimie Organique
Mme	FOULON	Catherine	Chimie Analytique
Melle	GARAT	Anne	Toxicologie
M.	GELEZ	Philippe	Biomathématiques
M.	GERVOIS	Philippe	Biochimie
Mme	GOFFARD	Anne	Virologie
Mme	GRAVE	Béatrice	Toxicologie
Mme	GROSS	Barbara	Biochimie
Mme	HANNOTHIAUX	Marie-Hélène	Toxicologie
Mme	HELLEBOID	Audrey	Physiologie
M.	HENNEBELLE	Thierry	Pharmacognosie
M.	HERMANN	Emmanuel	Immunologie
M.	KAMBIA	Kpakpaga Nicolas	Pharmacologie
M.	KARROUT	Youness	Pharmacotechnie Industrielle
Mlle	LALLOYER	Fanny	Biochimie
M.	LEBEGUE	Nicolas	Chimie thérapeutique 1
Mme	LIPKA	Emmanuelle	Chimie Analytique
Mme	LORIN-LECOEUR	Marie	Chimie Analytique
Mme	MARTIN	Françoise	Physiologie
M.	MOREAU	Pierre Arthur	Sciences végétales et fongiques
Melle	MUSCHERT	Susanne	Pharmacotechnie industrielle
Mme	NEUT	Christel	Bactériologie
Mme	PINÇON	Claire	Biomathématiques
M.	PIVA	Frank	Pharmacie Galénique
Mme	POMMERY	Nicole	Toxicologie
M.	RAVAUX	Pierre	Biomathématiques
Melle	RIVIERE	Céline	Pharmacognosie
Mme	ROGER	Nadine	Immunologie
M.	ROUMY	Vincent	Pharmacognosie
M.	SERGHERAERT	Eric	Droit et déontologie pharmaceutique
Mme	SIEPMANN	Florence	Pharmacotechnie Industrielle
Mlle	SINGER	Elisabeth	Bactériologie
M.	TAGZIRT	Madjid	Hématologie
Mme	THUILLIER	Pascale	Hématologie
Mme	VANHOUTTE	Geneviève	Biochimie
Mme	VITSE	Annie	Parasitologie
M.	WILLAND	Nicolas	Chimie organique
M.	YOUS	Saïd	Chimie Thérapeutique 1
M.	FURMAN	Christophe	Pharmacobiochimie (ICPAL)
Mme	GOOSSENS	Laurence	Chimie Organique (ICPAL)
M.	MILLET	Régis	Chimie Thérapeutique (ICPAL)

### Liste des Maitres de Conférences - Praticiens Hospitaliers

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	ALLORGE	Delphine	Toxicologie
Mme	BALDUYCK	Malika	Biochimie
M.	DECAUDIN	Bertrand	Pharmacie Clinique
Mme	ODOU	Marie Françoise	Bactériologie

### Professeurs Agrégés

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	MAYES	Martine	Anglais
M.	MORGENROTH	Thomas	Droit et déontologie pharmaceutique

### Professeurs Certifiés

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	HUGES	Dominique	Anglais
Mlle	FAUQUANT	Soline	Anglais
M.	OSTYN	Gaël	Anglais

### Professeurs Associé - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	ABADIE	Eric	Droit et déontologie pharmaceutique

### Maîtres de Conférences ASSOCIES - mi-temps

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
Mme	BERTOUX	Elisabeth	Pharmacie Clinique - Biomathématiques
M.	CREN	Yves	Information Médicale - Biomathématiques
M.	FIEVET	Pierre	Information Médicale
M.	FRIMAT	Bruno	Pharmacie Clinique
M.	MASCAUT	Daniel	Pharmacie Clinique
M.	WATRELOS	Michel	Droit et déontologie pharmaceutique
M.	ZANETTI	Sébastien	Biomathématiques - Pharmacie virtuelle

### AHU

Civ.	NOM	Prénom	Laboratoire
M.	LANNOY	Damien	Pharmacie Galénique
M.	SIMON	Nicolas	Pharmacie Galénique



Université Lille Nord de France  
Pôle de Recherche  
et d'Enseignement Supérieur



**Université Lille 2**  
**Droit et Santé**

## ***Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de Lille***

3, rue du Professeur Laguesse - B.P. 83 - 59006 LILLE CEDEX  
Tel. : 03.20.96.40.40 - Télécopie : 03.20.96.43.64  
<http://pharmacie.univ-lille2.fr>

**L'Université n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses ; celles-ci sont propres à leurs auteurs.**

## **Je remercie :**

- Monsieur le Professeur Michel Lhermitte pour l'attention qu'il a porté à mon travail et le temps qu'il m'a accordé malgré ses obligations multiples, recevez mes sentiments les plus sincères ;
  
- Monsieur le Professeur Guillaume Garçon pour avoir accepté de faire partie du jury de ma thèse ;
  
- Madame Anne-Adélaïde Cracco-Morel pour avoir orienté mon choix quant au sujet de ma thèse et avoir accepté de juger mon travail ;
  
- François, mes parents, et mes frères et sœur pour les encouragements qu'ils m'ont apportés durant ce long travail. Vous m'avez toujours soutenue, je suis heureuse de vous avoir à mes côtés ;
  
- Ma famille et mes amis pour toutes leurs attentions.

## **Table des matières**

<i>Figures</i> :	10
<i>Tableaux</i> :	10
Introduction.....	11
I. Les pesticides.....	13
A. Définition .....	13
B. Historique .....	13
C. Composition et propriétés chimiques.....	14
D. Mode d'action et usages.....	15
1. Les herbicides .....	15
2. Les insecticides et acaricides.....	17
3. Les fongicides .....	17
4. Les molluscicides et autres pesticides .....	17
E. Les pesticides en chiffre .....	18
F. Devenir dans l'environnement .....	19
1. Voies d'exposition aux pesticides .....	23
G. Les sujets à risque.....	24
1. Les femmes.....	24
2. Exposition pendant la grossesse et conséquences sur le fœtus.....	24
3. Exposition du bébé via le lait maternel.....	25
4. Les enfants.....	25
H. Homologation des pesticides.....	25
I. Information du consommateur et étiquetage des pesticides.....	27
II. Résidus de pesticides dans l'alimentation .....	28
A. Définition .....	28
B. Aspects législatifs .....	28
C. Indicateurs d'exposition .....	29
1. Qu'est-ce que la LMR ?.....	29
2. Contrôle des LMR .....	30
3. Au delà des LMR.....	31
D. Les résidus de pesticides dans l'alimentation.....	33
1. Résidus de pesticides présents dans les légumes.....	34
2. Résidus de pesticides présents dans les fruits.....	36
3. Résidus de pesticides présents dans les céréales et produits céréaliers.....	36
4. Résidus de pesticides présents dans les herbes aromatiques.....	37
5. Résidus de pesticides présents dans les mollusques et poissons.....	38

6.	Résidus de pesticides présents dans la production issue de l'agriculture biologique. ....	38
7.	Résidus de pesticides présents dans l'eau de boisson .....	39
8.	Résidus de pesticides présents dans le vin.....	42
E.	Conclusion.....	43
III.	Les effets sur la santé des résidus de pesticides dans l'alimentation .....	44
A.	En aigu .....	44
B.	A long terme .....	46
1.	Les effets cancérigènes .....	46
2.	Les effets de type perturbateurs endocriniens .....	51
3.	Lien entre résidus de pesticides et maladies neurologiques. ....	62
4.	Conclusion sur les effets à long terme. ....	67
IV.	Présentation des alternatives développées pour limiter l'utilisation des pesticides et réduire leur présence dans l'alimentation .....	70
A.	Le Plan Ecophyto 2018 .....	71
1.	Indicateurs.....	71
2.	Formation et recherche .....	72
B.	L'agriculture raisonnée .....	72
C.	Méthodes alternatives aux pesticides pour la protection des cultures .....	73
1.	Contrôle génétique, utilisation de la résistance variétale.....	74
2.	Lutte biologique.....	74
3.	Utilisation de méthodes culturales.....	76
4.	Lutte physique : désherbage mécanique et travail du sol.....	77
5.	Conclusion .....	77
D.	Agriculture biologique .....	78
E.	Des habitudes alimentaires à changer, comment consommer le minimum de pesticides ? .....	79
1.	Répartition entre peau et pulpe .....	79
2.	Faut-il laver ses fruits et légumes ?.....	80
3.	Peut-on boire l'eau du robinet ? .....	80
F.	Le principe de précaution doit s'appliquer.....	81
1.	Recommandations .....	81
	Conclusion.....	82
	Bibliographie.....	83

## **Figures :**

Figure 1 : Formule plane du Glyphosate

Figure 2 : Schéma représentant le devenir des pesticides dans l'environnement

## **Tableaux :**

Tableau I : Évolution des résultats des plans de contrôle des salades d'hiver

Tableau II : Hormones et rôles dans l'organisme

## Introduction

L'environnement est un sujet qui connaît aujourd'hui une mobilisation importante. C'est un domaine d'engagement. Nous sommes régulièrement sensibilisés à ce thème que ce soit à travers la politique, l'habitat, les loisirs, et la santé n'échappe pas à ce phénomène. Le lien santé-environnement est un sujet d'intérêt majeur. Cela se traduit notamment par la publication de nombreuses études qui analysent l'impact de divers facteurs environnementaux sur notre santé. (Site <http://www.journaldelenvironnement.net/> consulté le 16/03/2012)

Pour une vie plus saine, l'OMS recommande de choisir une alimentation équilibrée et de pratiquer une activité physique régulière. Il faut ainsi diversifier son alimentation et manger cinq fruits et légumes par jour, du poisson deux fois par semaine, diminuer sa consommation de sel et de boissons alcoolisées. (Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health. Site <http://www.who.int> consulté le 22/01/2012) On sait aussi qu'il faut éviter les sucreries qui favorisent le développement de l'obésité, les aliments riches en graisses qui augmentent le risque de maladies cardiovasculaires. Nous devons accorder une attention particulière au choix des produits que nous consommons. Que savons-nous par exemple des traitements phytosanitaires réalisés sur les fruits et légumes que nous mangeons tous les jours ? Y a-t-il réellement des résidus de pesticides dans notre alimentation ? Sont-ils présents en quantité importante ? Quels sont les risques à long terme d'une exposition régulière à ces produits et qu'en est-il plus particulièrement des populations à risque, c'est-à-dire les enfants ?

Au siècle dernier, la population a été exposée à une augmentation de l'utilisation des produits industriels. Les progrès dans le développement de produits chimiques ont largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production agricole. Faciles d'accès et d'emploi, relativement peu chers, les produits phytosanitaires de synthèse se sont révélés très efficaces dans un nombre important de cas. L'agriculture française a développé des systèmes de production fondés sur l'utilisation de ces produits. La France est le troisième consommateur mondial de produits phytosanitaires. (Site <http://www.ecpa.eu/> consulté le 22/01/2012) Elle apparaît actuellement très dépendante des pesticides. Par ailleurs, les pesticides ont joué un rôle important pour l'amélioration de la santé publique, en particulier dans la lutte contre les insectes vecteurs de maladies. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Aujourd'hui l'utilisation systématique de ces produits est remise en question, avec la prise de conscience croissante des risques qu'ils peuvent générer pour l'environnement, voire pour la santé de l'homme. Par exemple, le développement de phénomènes de résistance chez les insectes montre les limites et les dangers des pesticides pour les écosystèmes. (Aubertot et Coll., 2005) Il paraît désormais indispensable de s'interroger sur les effets néfastes susceptibles d'être induits par une exposition aux pesticides. (Aubertot et Coll., 2005)

A travers ce travail de recherche, je me suis interrogée sur les produits phytosanitaires et leurs effets sur la santé. Le pharmacien d'officine a un rôle à jouer en santé publique, en contact avec la population, il doit pouvoir fournir des informations pertinentes sur des questions d'actualité. Pour cela, il doit savoir analyser les données en s'appuyant sur sa formation scientifique et parfois savoir modérer les propos tenus par les médias qui cherchent l'information choc qui attirera

un maximum d'écoute. Pour pouvoir informer les personnes qui s'interrogent sur l'impact des résidus de pesticides dans l'alimentation, j'ai réalisé ce travail bibliographique.

# I. Les pesticides

## A. Définition

Le terme pesticide dérive du mot anglais "pest" qui signifie ravageur. Ainsi, un pesticide, aussi appelé produit phytosanitaire, a pour vocation d'éliminer ce qu'on appelle les organismes nuisibles, qu'il s'agisse de plantes, d'animaux, de champignons ou de bactéries.

La directive européenne 91/414/CE du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytosanitaires, les définit comme : **"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,**  
**-exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (il s'agit par exemple des 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,**  
**-détruire les parties de végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux."** (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)

## B. Historique

L'utilisation des pesticides en agriculture remonte à l'antiquité. On a des traces d'utilisation du soufre 1 000 ans avant Jésus-Christ, l'arsenic était recommandé par Pline (L'Histoire Naturelle de Pline, 1er siècle) les produits arsenicaux sont connus en Chine dès le XVIe siècle ; c'est également vers cette époque que sont signalées les propriétés insecticides du tabac et des racines de Derris et de Lonchocarpus. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)

L'utilisation plus généralisée des pesticides a suivi les progrès de la chimie minérale. Au XIXe siècle, les traitements fongicides sont à base de sulfate de cuivre ou à base de mercure ; les insecticides tels l'arsénite de cuivre, l'acétoarsénite de cuivre, l'arséniat de plomb font aussi leur apparition. Le pyrèthre, une poudre provenant de fleurs du genre *chrysanthemum* est introduit comme insecticide à cette même époque. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)

Ensuite, les pesticides profitent très largement du développement de la chimie organique déjà avant la guerre 39-45 ; puis surtout après. C'est à cette époque qu'apparaissent un grand nombre de composés organiques. Les recherches militaires avaient déjà perfectionné des gaz de combat qui, à défaut d'être utilisés pendant les hostilités, le furent contre les insectes.

Dans les années 50, des insecticides comme le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) et le DDD (dichlorodiphényldichloroéthane) sont utilisés en grandes quantités en médecine préventive (pour détruire le moustique responsable du paludisme) et en agriculture (élimination du doryphore, insecte de l'ordre des coléoptères ravageurs des cultures de pomme de terre). D'autres biocides sont mis au point pour l'industrie textile et du bois, pour les usages domestiques (aérosols tue-mouches), pour l'entretien des routes et pour une utilisation en médecine. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)

L'usage de ces produits a connu un très fort développement les rendant quasiment indispensables à la plupart des pratiques agricoles, quel que soit le niveau de développement économique des pays. De 1945 à 1985, la consommation de pesticides a doublé tous les dix ans.

Si les pesticides ont constitué un énorme progrès dans la maîtrise des ressources alimentaires et l'amélioration de la santé publique (en particulier dans la lutte contre les insectes, vecteurs des maladies), le revers de la médaille est apparu rapidement: des phénomènes de résistance chez les insectes, puis des troubles de la reproduction chez les oiseaux, ont montré de façon spectaculaire les limites et les dangers de ces substances pour l'environnement, pour les écosystèmes mais également pour les êtres humains. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)

### **C. Composition et propriétés chimiques**

Un pesticide se compose de deux types de substances :

- une ou plusieurs matières actives qui confèrent au produit l'effet désiré, par exemple le glyphosate qui a une action herbicide ;
- un ou plusieurs additifs qui renforcent l'efficacité du produit, par exemple un tensioactif.

Seules les matières actives apparaissent dans la composition décrite sur les étiquettes des emballages. Le plus souvent quand on évoque un produit, on ne parle que des matières actives. (Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA. 2005)

Les pesticides regroupent plus de 1 000 substances chimiques appartenant à près de 150 familles chimiques différentes. (Base de données Agritox <http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php>)

Les pesticides constituent donc un ensemble de substances et de produits hétérogènes tant du point de vue de leurs propriétés physico-chimiques, que de celui de leur devenir dans l'environnement ou de leurs propriétés toxicologiques.

Les substances utilisées dans la fabrication des pesticides ont changé au cours des 30 dernières années. Par exemple, il est maintenant interdit dans plusieurs pays industrialisés, d'utiliser les organochlorés. (Site <http://www.eau-seine-normandie.fr/> consulté le 18/01/2012) Toutefois, ces substances ont la propriété de persister dans l'environnement. Ce sont des composés liposolubles s'accumulant dans les graisses des organismes aquatiques et de l'homme. (Site <http://www.eau-seine-normandie.fr/> consulté le 18/01/2012) Même si elles ne sont plus autorisées en Europe, ces substances sont parfois encore utilisées dans les pays en voie de développement.

## **D. Mode d'action et usages**

Il n'existe pas de pesticide totalement spécifique d'un ravageur ou d'une adventice. Toutes ces substances sont écotoxiques, mais on peut s'attendre à une très grande disparité des effets potentiels en fonction des cibles et des modes d'action particuliers : il n'y a rien de commun entre les effets d'un herbicide de grande culture, inhibiteur de la photosynthèse des végétaux, un insecticide neurotoxique et un raticide anticoagulant.

### **1. Les herbicides**

Ils sont destinés à limiter l'installation d'espèces végétales adventices. Ils peuvent être sélectifs ou totaux.

On retrouve des herbicides perturbant la régulation de l'auxine A1. (Aubertot et Coll., 2005) Ils regroupent différentes familles chimiques ; leur action produit des anomalies morphologiques létales pour les dicotylédones.

D'autres herbicides agissent sur la photosynthèse, la division cellulaire, la synthèse des lipides, des acides aminés, de la cellulose ou encore des caroténoïdes. (Aubertot et Coll. 2005)

Parmi les herbicides inhibiteurs de la synthèse des lipides, on retrouve deux familles assez récentes, les aryloxyphénoxypropionates (ou FOP : diclofop-méthyl, fluazifopbutyl...) et les cyclohexanediones (cléthodime, cycloxydime...). Ils inhibent l'acétyl CoA carboxylase (ACCase), intervenant dans les étapes initiales de la synthèse des acides gras. Puisqu'ils agissent uniquement sur la forme de l'enzyme présente chez les graminées, ils présentent une sélectivité remarquable sur les cultures dicotylédones. (Aubertot et Coll., 2005) La dernière génération des FOP (fenoxaprop ethyl et chlodiafop propargyl) est formulée avec un agent phytoprotecteur qui la rend sélective des cultures de graminées. Autre mode d'action voisin, l'inhibition des élongases, est utilisée par la famille déjà ancienne des thiocarbamates (molinate, triallate...) et par la famille, plus récente des chloroacétamides (alachlore, métolachlore...). (Aubertot et Coll., 2005) Ces derniers composés ne sont pas très persistants dans le sol, mais sont peu adsorbés et donc mobiles. Appliqués à des doses plutôt élevées (2 kg/ha), ils peuvent être retrouvés dans les eaux de surface et présenter des risques pour les eaux souterraines.

#### **a) Le glyphosate (figure 1), un herbicide qui crée la polémique.**

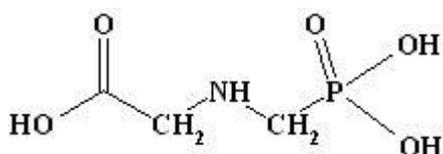


Figure 1 : formule plane du glyphosate. (Site <http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php> consulté le 15/01/2012)

Le glyphosate (N-(phosphonométhyl)glycine, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>NO<sub>5</sub>P) est un désherbant total, c'est-à-dire un herbicide non sélectif, autrefois produit sous brevet, exclusivement par la société Monsanto à partir de 1974, sous la marque Roundup®. Le brevet étant tombé dans le domaine public en 2000, d'autres sociétés produisent désormais du glyphosate. En France, plus de 300 spécialités contenant du glyphosate sont commercialisées.

Le glyphosate dérive d'un acide aminé, la glycine. Il est absorbé par la plante au niveau des feuilles et est transporté rapidement par la sève jusqu'aux racines et aux rhizomes. Il inhibe la 5-énolpyruvique-shikimate-3-phosphate synthétase ou EPSP, il inhibe donc la synthèse des acides aminés aromatiques et perturbe la synthèse des protéines. Il entraîne une diminution de l'activité de la chlorophylle ainsi que de certaines hormones ce qui provoque une nécrose des tissus puis la mort de la plante. (Robin, 2008) Cette voie étant absente chez les animaux, il est de fait peu toxique pour les animaux, en témoigne les DL50 relativement élevés et comparables à des produits courants comme le sel ou la caféine. (Onil, 2001)

Seul il est peu efficace, car il n'adhère pas aux feuilles et les pénètre difficilement. On lui adjoint donc un tensioactif (ou surfactant). (Robin, 2008)

Le glyphosate est principalement dégradé dans les sols, un peu plus rapidement que dans l'eau des rivières, des lacs et des nappes phréatiques (demi-vie supérieure à un mois dans le sol). (Mamy, 2004)

Les principaux produits de dégradation du glyphosate dans l'environnement sont l'acide aminométhylphosphonique, et le glyoxylate. L'acide aminométhylphosphonique (AMPA), et le glyphosate, sont détectés dans l'eau des nappes phréatiques, les rivières et dans l'eau du robinet, mais en faible quantité, le glyphosate étant peu mobile. Le glyoxylate est, quant à lui, biodégradable, et peut avoir d'autres origines biochimiques. (Mamy, 2004)

Les polémiques qui ont rendu ce produit si fameux sont liées en partie à son utilisation et à la publicité dont il a fait l'objet.

Il a d'abord été utilisé en Colombie pour détruire les champs de coca des narcotrafiquants et ses applications ont détruit la forêt amazonienne située à proximité. (Robin, 2008) Ensuite, la culture de champs de soja OGM résistant au glyphosate ont entraîné des questions sur l'apparition de phénomènes de résistance. (Gauvrit, 2007)

Enfin, un des fabricants du glyphosate (Monsanto) a fait l'objet de poursuites judiciaires suite aux campagnes de publicité présentant le Roundup® comme biodégradable. Le glyphosate est un des premiers herbicides permettant de semer directement après usage et sans effet sur la culture suivante, l'effet désherbant apparaît uniquement en cas de pulvérisation sur les feuilles de la plante. La possibilité de planter rapidement après un désherbage efficace était une vraie avancée à l'époque de sa mise sur le marché. Au niveau marketing cette absence d'effet secondaire sur la culture suivante s'est vite transformée en biodégradabilité totale et rapide. Monsanto présentait, sur ses étiquettes, le Roundup® comme dégradable ou biodégradable (dans le sol comme dans l'eau). La demi-vie du glyphosate est, en conditions de laboratoire, d'environ 32 jours dans le sol et de 3,3 jours dans l'eau, avec une efficacité variant selon la richesse du sol en bactéries, la température, la nature et l'acidité du sol, etc. (Mamy, 2004) Le glyphosate se dégrade en sous-produits, eux-mêmes biodégradables, avec des délais variant selon le contexte. Les sols morts (sols viticoles, trottoir désherbé) n'ont pas de richesse bactérienne et sont quasiment incapable de dégrader le glyphosate. (Mamy, 2004)

## **2. Les insecticides et acaricides**

Ils sont destinés à tuer les insectes ou à empêcher le déroulement normal de leur cycle de vie. Les familles les plus rencontrées sont les organophosphorés, les carbamates (carbaxyl), les pyréthriinoïdes et les organochlorés (endosulfan).

Les pyréthrines naturelles et leurs analogues de synthèse, les pyréthriinoïdes (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine...) et les diphényléthanes ou analogues du DDT agissent par voie neurotoxique puisqu'ils perturbent la fermeture du canal sodium voltage-dépendant et la dépolarisation consécutive de la membrane nerveuse.

Les organophosphorés (chlorpyrifos-éthyl, malathion,...), les carbamates (carbofuran, méthomyl...) et les carbamyl-triazoles (triazamate) sont eux de puissants inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AchE), mécanisme peu sélectif compte tenu de l'homologie de cette enzyme au sein du règne animal et se traduisant par une toxicité souvent importante pour de nombreux invertébrés et vertébrés. (Aubertot et Coll., 2005)

D'autres insecticides et acaricides de type inhibiteurs de croissance, agiront par exemple sur la chitine, en inhibant son incorporation au niveau de la cuticule pendant les mues. Et d'autres encore agiront sur la respiration cellulaire, c'est par exemple le cas de la roténone. (Aubertot et Coll., 2005)

## **3. Les fongicides**

Ils sont destinés à éliminer les champignons. On distingue les inhibiteurs respiratoires, les inhibiteurs de la division cellulaire, les inhibiteurs de la biosynthèse des stérols, les fongicides affectant la biosynthèse des acides aminés et des protéines et enfin les fongicides agissant sur le métabolisme des glucides et des polyols. Parmi les fongicides inhibiteurs de la biosynthèse des stérols (IBS), on retrouve les IDM, inhibiteurs de la 14- $\alpha$ -déméthylase (IBS du groupe I), ces produits regroupant plusieurs sous-familles, imidazoles, pyrimidines, triazoles, et représentent un quart du marché mondial des fongicides. Ils possèdent une excellente action curative et sont relativement épargnés par les phénomènes de résistance. (Aubertot et Coll., 2005)

## **4. Les molluscicides et autres pesticides**

Les molluscicides sont destinés à éliminer les escargots et les limaces. Ils sont épanchés essentiellement sous forme de granulés. Les rotenticides agissent contre les rongeurs. Les anticoagulants représentent 85% du marché. Quelques produits de gazage sont encore utilisés. Les nématicides agissent sur les nématodes par exemple en inhibant l'acétylcholinestérase. (Aubertot et Coll., 2005) (Site <http://www.eau-seine-normandie.fr/> consulté le 18/01/2012)

## **E. Les pesticides en chiffre**

En France, on compte environ 300 matières actives homologuées à activité "pesticide" entrant dans la composition de 3 000 spécialités commerciales. (Base de données Agritox) La France est le plus gros utilisateur de pesticides en Europe avec 5,4 kg utilisés en moyenne par hectare et par an en 2008. Avec près de 79 000 tonnes vendues chaque année, dont 40% d'herbicides, 30% d'insecticides et 30% de fongicides, la France est le troisième utilisateur mondial de pesticides (après les Etats Unis et le Japon). (Site <http://www.ecpa.eu/information-page/industry-statistics-france> consulté le 18/01/2012)

En France, les chiffres des ventes de produits phytopharmaceutiques destinés à l'agriculture sont publiés par l'Union des Industries pour la Protection des Plantes (UIPP). Il s'agit d'une organisation professionnelle, créée en 1918, qui regroupe 19 entreprises, ce qui représente environ 95% du chiffre d'affaire de ce secteur. En 2008, les ventes de produits phytosanitaires atteignaient 2,079 milliards d'euros (78 600 tonnes de matières actives), affichant une croissance de 14%, consécutive à celle de 6% en 2007. Les ventes de fongicides ont augmenté de 17%. Les ventes d'herbicides ont progressé de 16%. Tandis que les ventes d'insecticides sont en retrait de 23%.

L'évolution des tonnages annuels montre une diminution globale de l'utilisation des pesticides depuis le début des années 2000, malgré les augmentations observées en 2007 et 2008, puisque l'on passe de près de 100 000 tonnes à 78 900 tonnes par an entre 2001 et 2008. Cette tendance doit tout de même être interprétée avec précaution, en effet la forte diminution des usages de soufre et de cuivre (-40%) a beaucoup pesé sur la balance compte-tenu de leur part dans la consommation totale. De plus l'interdiction d'usage de molécules appliquées à de fortes quantités par hectare, et la réduction des doses appliquées ont également contribué à cette observation. Enfin l'apparition de nouvelles molécules actives à de très faibles doses hectare également ; mais il ne faut pas oublier les différentes mesures mises en œuvre visant à réduire les usages.

Ainsi, les plus gros consommateurs de pesticides sont les cultures de céréales, de maïs, de colza et la vigne. Globalement, 80% des pesticides sont utilisés pour traiter moins de 40% de la Surface Agricole Utile (SAU). (Rapport d'activité 2010/2011. Site <http://www.uipp.org/> consulté le 03/01/2012)

Le record revient aux viticulteurs qui utilisent à eux-seuls 20% des tonnages (surtout des fongicides) pour une SAU de moins de 3%. Ainsi les pays européens avec des taux d'occupation des sols par la vigne élevés présentent les consommations les plus importantes : Italie, France, Portugal, etc. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Un sondage IFOP effectué en septembre 2007 dans le cadre du Grenelle de l'environnement révèle que les Français voient dans les pesticides une menace majeure. 81% des personnes interrogées estiment que la limitation de l'utilisation des pesticides dans l'agriculture est une priorité. (Site <http://www.ifop.com/> consulté le 04/01/2012)

Fin 2007, en conclusion du Grenelle de l'environnement, le Gouvernement annonçait le retrait des 53 matières actives les plus préoccupantes, une réduction de 50% des usages de pesticides et un développement de l'agriculture biologique. Il faudrait cependant que les engagements soient tenus. (Site <http://agriculture.gouv.fr/ecophyto> consulté le 15/01/2012)

## **F. Devenir dans l'environnement**

Depuis près de cinquante ans, les pesticides ont été mis en évidence dans tous les compartiments de l'environnement, dans les eaux des rivières et des nappes phréatiques, dans l'air et dans les eaux de pluie. On les rencontre aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (les œufs, le lait, la viande, le poisson, etc.). Ils existent sous leur forme initiale mais ils peuvent aussi être dégradés, on parle alors de résidus ou de métabolites. La contamination de l'environnement expose tout un chacun à des niveaux de pesticides variables et souvent difficiles à apprécier. En effet, tous les milieux ne sont pas correctement renseignés. Les données disponibles sont limitées surtout lorsqu'il s'agit de sources diffuses et non industrielles (sources domestiques ou agricoles). En outre, certaines substances, fortement rémanentes, perdurent dans les milieux, à partir desquels elles sont lentement et progressivement relarguées. (Mamy, 2004) Ainsi la chlordécone contamine des sols de bananeraies en Guadeloupe et en Martinique, alors que ce produit est interdit depuis plus de dix ans (Rapport L'environnement en France. IFEN. 2006). Elle a d'ailleurs été classée « agent peut-être cancérigène pour l'homme » par le CIRC (classe 2 B), il est un facteur de risque actuellement débattu pour le cancer de la prostate. (El Yamani et Barrillon, 2006) Si les pesticides présents dans l'environnement peuvent avoir des impacts sur la santé humaine, ils en ont aussi sur les écosystèmes. (Aubertot et Coll., 2005) Qui, aujourd'hui, ne connaît pas les modifications de sexe de certains batraciens ou les difficultés de reproduction des invertébrés ?

La compréhension des mécanismes de contamination de l'environnement par les pesticides, la description de leur devenir dans les différents milieux, le développement de techniques de prélèvement pour la mise en place de campagnes d'échantillonnage à grande échelle se sont considérablement développés depuis quelques années. Ces mesures doivent permettre d'établir un inventaire des niveaux de contamination de chacun des compartiments de l'environnement et donc d'évaluer les expositions des populations et des écosystèmes à ces substances. C'est une étape indispensable à une meilleure estimation des impacts des pesticides. Ces travaux permettent d'ores et déjà de proposer des mesures permettant une utilisation raisonnée des pesticides. (Bard et Coll., 2005)

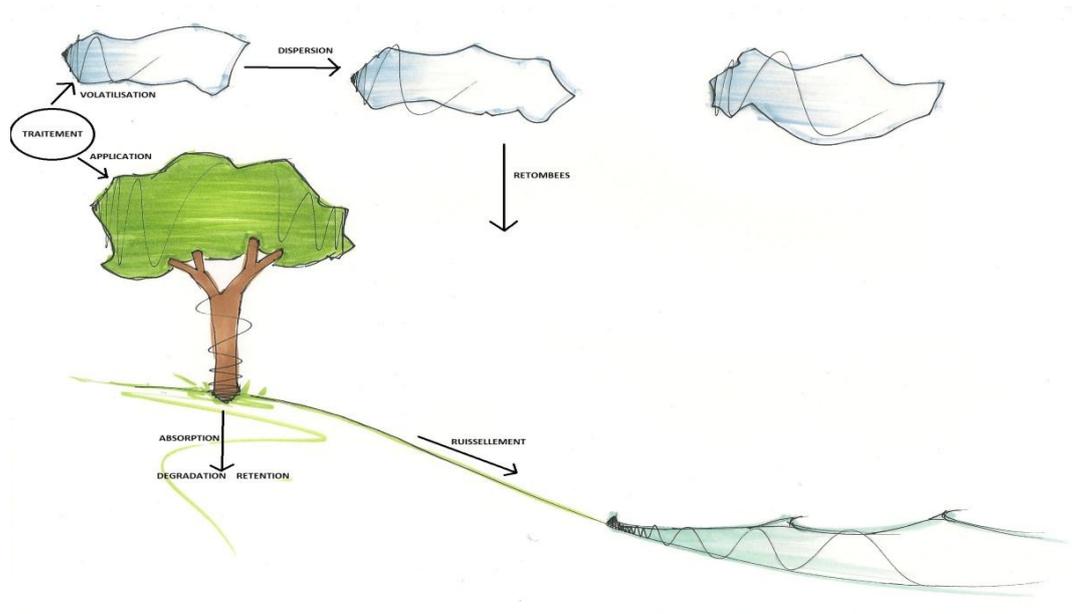


Figure 2 : Schéma représentant le devenir des pesticides dans l'environnement. (Aubertot et Coll., 2005)

## 1. Application

En agriculture, la plupart des pesticides sont appliqués à partir de rampes de pulvérisation montées sur des tracteurs, mais des applications aériennes (par avion ou hélicoptère) peuvent également être mises en œuvre.

## 2. Transferts au niveau aérien

Trois phénomènes distincts sont à l'origine de la présence des produits phytosanitaires dans l'air. (Site <http://www.atmo-npdc.fr/home.htm> consulté le 16/03/2012)

- Soit les départs dans l'atmosphère se font dès les traitements, on parle de dérive (ou spray-drift), ce phénomène est accentué lors d'applications en période de grands vents ou lorsque l'application se fait par voie aérienne ;
- Soit les gouttelettes les plus fines peuvent rester en suspension dans l'air et être transférées sur de longues distances ;
- Soit les pesticides atteignent le sol et ensuite, leur présence dans l'air est due à l'érosion éolienne des sols traités (c'est-à-dire au transfert par le vent sous forme de particules de sols ou de poussières contaminées). Enfin, il faut signaler l'existence de phénomènes plus complexes de transfert, par évaporation sous forme gazeuse à partir des plantes ou du sol traités : la volatilisation.

Le couvert végétal, la nature du sol (sols perméables, imperméables), les conditions climatiques lors de l'application et les propriétés physico-chimiques des composés sont autant de facteurs qui influencent ces mécanismes et affectent par la même occasion les transferts de produits vers l'atmosphère. Ces différentes voies de passage des pesticides vers l'atmosphère peuvent impliquer des proportions variables des quantités de produits appliqués. L'évaluation de cette perte dans l'environnement aérien est difficile. (Aubertot et Coll., 2005)

Une fois dans le compartiment aérien, les pesticides sont dégradés, principalement sous l'effet des rayonnements lumineux, mais ils peuvent néanmoins être transportés parfois sur de longues distances avant de retomber sous forme humide dans les pluies, les neiges ou les brouillards. L'atmosphère constituant une voie majeure pour le transport de ces composés dans l'environnement, il serait illusoire de penser que les régions d'agriculture intensive sont les seules concernées. Ainsi, ces polluants, qui voyagent par l'intermédiaire des mouvements des grandes masses d'air, vont pouvoir contaminer l'ensemble d'un territoire, y compris le milieu urbain. (Site <http://www.atmo-npdc.fr/home.htm> consulté le 16/03/2012)

### **3. Transferts au niveau des sols**

Tôt ou tard, la plupart des pesticides arrivent au niveau du sol où ils sont soumis à un ensemble de mécanismes conditionnant leur devenir et leur dispersion vers les autres compartiments de l'environnement.

En fonction des propriétés physico-chimiques des pesticides et des propriétés des sols, les pesticides seront plus ou moins retenus sur la phase solide, conditionnant le partage du pesticide entre les phases solide, liquide et gazeuse du sol. (Calvet, 1989)

Ainsi, la part de pesticide la plus mobile est celle localisée dans les phases liquide et gazeuse. Elle constitue la part directement disponible pour la dégradation par les micro-organismes du sol et pour le transfert par les végétaux ou par la flore, par lixiviation, lessivage ou ruissellement ce qui pourra conduire à la contamination des eaux de drainage, des eaux de surfaces ou des nappes phréatiques.

La dégradation est la résultante d'un ensemble de processus de dissipation, physico-chimiques et biologiques, qui font diminuer la concentration du pesticide en fonction de cinétiques caractéristiques du pesticide et du milieu. (Aubertot et Coll., 2005) Dans les sols, le temps de dégradation des matières actives varie de quelques jours à quelques mois. (Site <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/> consulté le 22/01/2012)

On peut aussi observer un phénomène de rétention. Il résulte d'un ensemble de processus physico-chimiques conduisant à la création de liaisons, plus ou moins réversibles, entre les pesticides et les constituants organiques et minéraux du sol. L'augmentation de la rétention des pesticides diminue les risques de transfert, mais peut rendre difficile leur biodégradation. D'une manière générale, la rétention va conditionner la biodisponibilité, donc la manifestation d'une action toxique, et/ou phytosanitaire. (Alexander, 2000)

La rétention et la dégradation des pesticides dans les sols sont deux phénomènes fondamentaux conditionnant leur caractère polluant. (Barriuso et Coll., 2005) Le temps de rémanence des pesticides dans le sol, c'est-à-dire le temps de retour à un état non contaminé après arrêt de l'utilisation d'un produit, est encore mal connu, car les pesticides peuvent être stockés ou distribués dans de multiples endroits où l'eau se renouvelle peu, donc peu accessibles aux micro-organismes (microporosité du sol, sédiments,...). (Mamy, 2004)

Le sol joue un rôle essentiel dans les processus de rétention, de dégradation et de transfert des pesticides vers le réseau hydrographique. Milieu récepteur, le sol agit tel un filtre qui retient les pesticides et régule les transferts ; il agit aussi sur leur dégradation. C'est la matière organique du sol qui est particulièrement importante.

Elle retient les molécules de pesticides les rendant ainsi moins mobiles lors du lessivage des sols (rétention) et est le lieu de l'activité biologique des micro-organismes du sol (dégradation). Enfin, elle limite la battance, c'est-à-dire la dégradation de la structure et la diminution de la perméabilité du sol au fur et à mesure des pluies. Pour ces trois raisons, la teneur en matière organique est déterminante pour les transferts latéraux et verticaux des pesticides vers les eaux. (Site <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/> consulté le 22/01/012)

#### **4. Transferts au niveau des eaux**

Le transfert des pesticides dans les eaux se décompose en deux circuits distincts :

- les apports directs de pesticides dans le réseau hydrographique lorsque l'application d'un traitement se fait en bordure de cours d'eau, lors de l'entretien des berges ou lors de la vidange des fonds de cuve dans la cour ou dans un puisard par exemple, c'est la pollution ponctuelle. Elle a très fortement diminué, car de mieux en mieux encadrée par la réglementation ;
- les apports indirects de pesticides, surtout par le sol, un peu par l'air, qui migrent ensuite dans le réseau hydrographique et les eaux souterraines, cela constitue une pollution diffuse, cette pollution est difficile à maîtriser car liée à un usage très global des pesticides, et à leur transfert en très faibles quantités vers les eaux superficielles.

(Site <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/> consulté le 22/01/012)

La pollution des eaux par les pesticides provient de leur entraînement vers les eaux de surface par le ruissellement, par le drainage agricole, ou par le drainage naturel des nappes superficielles contaminées par infiltration. Ces nappes sont d'autant plus contaminées qu'elles sont proches de la surface du sol. Les eaux souterraines, nappes superficielles ou plus profondes, peuvent aussi être contaminées par infiltration. (Aubertot et Coll., 2005)

Les transferts de pesticides de la parcelle vers la rivière sont particulièrement importants durant les fortes précipitations qui suivent les applications. Les pesticides, adsorbés sur les particules du sol, sont alors entraînés par ruissellement et érosion, mais aussi par le drainage et l'infiltration vers les nappes proches de la surface. Ainsi, la nature des produits, les quantités appliquées, le calendrier d'application des pesticides sont déterminants. Les pertes de pesticides des champs vers les cours d'eau sont aussi fortement dépendantes des conditions du milieu qui peuvent limiter les transferts. Elles varient en fonction de l'état hydrique et structural des sols, de la localisation du champ, des dispositifs de bords de champ (haies, fossés, etc.), qui vont limiter ou favoriser les transferts. Les bandes enherbées en bordures de champ, de même que les haies, sont efficaces : elles interceptent les matières en suspension et les produits phytosanitaires qui y sont adsorbés grâce à la forte teneur en matière organique du sol en surface, à l'activité biologique stimulée par les racines ligneuses et herbacées, et la rugosité du couvert végétal. A l'inverse, les parcelles où la structure des sols est dégradée, où des traces de roues canalisent le ruissellement, où la nappe est proche ou ceinturée par des fossés, sont autant de zones à risques. (Site <http://www.observatoire-eau-bretagne.fr/> consulté le 22/01/2012)

En 2005, les pesticides étaient présents dans 91% des eaux superficielles et dans 55% des eaux souterraines surveillées par l'Institut français de l'environnement. (Site <http://www.mce-info.org/> consulté le 22/01/2012)

## **1. Voies d'exposition aux pesticides**

Pour les animaux terrestres et les mammifères marins, la principale source d'exposition aux pesticides est leur alimentation. Pour la faune aquatique, l'exposition se fait par absorption directe. L'homme peut être exposé *via* de multiples voies : l'environnement (eau, air, sol), les produits de consommation (alimentations, eaux de boissons) ou encore *via* une exposition professionnelle (agriculture, industrie).

Il existe des valeurs limites pour le consommateur, la Dose Journalière Admissible (DJA) qui représente la quantité d'une substance qu'un individu moyen de 60 kg peut théoriquement ingérer quotidiennement, sans risque pour sa santé. Elle est habituellement exprimée en mg de substance par kg de poids corporel. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

On distingue généralement deux types d'exposition :

### **a) Les expositions primaires**

Elles concernent les personnes manipulant les produits, au moment de la préparation, de l'application mais aussi du nettoyage des appareils de traitement. Les populations concernées sont bien évidemment les agriculteurs et les professionnels mais tout le monde peut un jour être également exposé lors de l'utilisation de produits à usages domestiques ou de produits d'entretien des jardins.

Les pesticides utilisés dans les champs ou à domicile sont trop souvent entreposés sans précaution particulière dans les habitations et les membres de la famille peuvent y avoir facilement accès. Ces substances toxiques peuvent, dans ces conditions, contaminer l'eau ou les aliments et polluer l'air ambiant. Plus grave encore, ils peuvent conduire à des expositions accidentelles des jeunes enfants. C'est pourquoi les pesticides doivent être stockés sous clef, dans un endroit frais, sec et bien ventilé de préférence à l'extérieur des habitations.

En préalable à la mise sur le marché d'un produit phytopharmaceutique, la réglementation impose une évaluation des risques pour la santé des applicateurs à l'aide d'outils de modélisation, conduisant à des recommandations quant aux conditions d'utilisation du produit, à son étiquetage, et aux mesures de protection individuelle à mettre en œuvre. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

### **b) Les expositions secondaires**

Elles concernent l'ensemble de la population exposée aux résidus de l'usage de ces produits, au travers de son alimentation et de son environnement. Les données de surveillance des milieux disponibles aujourd'hui concernent principalement l'eau et les denrées alimentaires. Les mesures de contamination des fruits et légumes par exemple sont conduites sur les produits intacts (avec la pelure, même si elle ne se consomme pas), dans ces conditions, les teneurs mesurées sont supérieures à celles réellement absorbées puisque l'on ne tient pas compte de leur préparation. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Les mesures de contamination des sols et de l'air sont en cours.

Dans la suite du travail on s'attachera plus particulièrement aux risques pour la santé *via* l'alimentation, c'est-à-dire les effets d'une exposition secondaire aux pesticides.

### **c) Évaluation de l'exposition**

Divers outils sont disponibles pour évaluer l'exposition aux pesticides. Tout d'abord des outils biologiques tels que le dosage direct du pesticide ou de ses métabolites dans les compartiments biologiques, ou la recherche d'effets précoces, par exemple génotoxiques. On peut aussi utiliser des modèles prédictifs. Ils sont surtout utilisés pour les professionnels en fonction des conditions d'application, et des moyens de protection. Enfin, on peut tenter de reconstituer une exposition ancienne en étudiant une région en fonction du type de culture et des pratiques utilisées. (Comité de la prévention et de la précaution, 2002)

### **G. Les sujets à risque**

Quelques populations ont été identifiées comme particulièrement à risque. (IFEN, 2006)

#### **1. Les femmes**

Les femmes ne sont pas davantage exposées que les hommes aux polluants environnementaux que sont les pesticides. Toutefois, le système reproductif des femmes est sensible à la concentration de pesticides trouvée dans l'environnement. De plus, elles exposent indirectement aux contaminants leur fœtus durant la vie embryonnaire et les nourrissons lors de l'allaitement.

L'exposition à certains agents actifs entrant dans la composition des pesticides peut également affecter le système hormonal des femmes. En fait, certaines substances peuvent agir comme perturbateur endocrinien, c'est-à-dire qu'elles peuvent mimer le comportement des hormones et modifier le bon fonctionnement du système hormonal. (Frizzle, 2003)

#### **2. Exposition pendant la grossesse et conséquences sur le fœtus.**

La femme enceinte fait parti des sujets chez qui l'exposition aux pesticides est particulièrement étudiée afin de rechercher les effets de cette exposition sur le développement du fœtus.

Le ministère de l'Environnement du Québec, dans son guide de consommation des poissons de pêche sportive en eau douce, recommande à la femme enceinte, allaitant et en âge de procréer de limiter sa consommation de poissons pouvant contenir des métaux lourds et d'autres contaminants environnementaux. (Guide de consommation du poisson de pêche sportive en eau douce <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/guide/index.htm> consulté le 26/02/2012) En Ontario, la directive est plus sévère, cette même catégorie de femmes ne doit en aucun cas manger les espèces de poissons susceptibles de contenir ces mêmes contaminants. (The 2003 - 2004 Guide to Eating Ontario SportFish. <http://www.ene.gov.on.ca/envision/guide/> consulté le 26/02/2012)

### **3. Exposition du bébé via le lait maternel**

Le bébé peut être en contact avec des pesticides persistants et bio-accumulables par le lait maternel. Il est donc nécessaire de protéger la femme enceinte et la mère allaitante contre une exposition à ces contaminants. En effet, l'allaitement maternel redistribue les contaminants fixés aux graisses de la femme. Des chercheurs ont échantillonné le lait maternel et ont confirmé la présence de certains résidus de pesticides dans ce lait. Les chercheurs rappellent toutefois que le lait maternel demeure l'aliment le plus adapté et le plus nutritif pour les nouveau-nés. (Dewailly, 1991)

### **4. Les enfants**

Les enfants sont également touchés puisque la mère, au cours de la vie fœtale, à travers le cordon ombilical ou dans les premiers mois de la vie, par l'allaitement, peut transmettre ces substances.

Chez l'enfant un peu plus âgé, l'exposition peut venir de l'environnement immédiat. Il joue volontiers sur le sol et a tendance à mettre des choses dans sa bouche. Il risque donc d'absorber des pesticides provenant du sol, de la poussière ou de divers objets contaminés qu'on trouve en milieu rural, mais aussi urbain, à la maison ou au jardin.

Que penser alors de l'insecticide branché sur la prise électrique de la chambre et qui diffuse le produit pendant la nuit ? Ou de l'enfant qu'on laisse vagabonder sur une pelouse fraîchement traitée ?

Il semble que les enfants soient plus sensibles aux effets des pesticides que les adultes car ils sont plus exposés en proportion aux substances cancérigènes et ils seraient également physiologiquement plus sensibles aux effets à long terme des pesticides et notamment aux effets cancérigènes. Cette sensibilité pourrait être liée à l'augmentation de l'exposition *via* l'alimentation et le lait maternel, des mécanismes de détoxification immatures et une espérance de vie plus longue qui les rendrait plus à risque de développer des maladies à période de latence longue. Un exemple concernant l'immaturité de leurs mécanismes de détoxification, est la voie de métabolisation des organophosphorés. Les nouveau-nés ont un faible taux d'enzyme paraoxonase-1, responsable notamment de la détoxification des organophosphorés par hydrolyse. La paraoxonase-1 est une enzyme antioxydante produite par le foie et qui décompose les métabolites toxiques de pesticides organophosphorés. (Furlong et Coll., 2005)

D'autre part, les enfants seraient plus exposés aux pesticides puisqu'ils ont souvent une alimentation riche en fruits et légumes.

## **H. Homologation des pesticides**

(Robin, 2008)

Tout produit phytosanitaire nouveau, doit faire l'objet d'une homologation avant sa mise sur le marché, qui correspond à une autorisation de vente pour dix ans, accordée par la Ministère de l'Agriculture. Pour l'obtenir, l'entreprise doit prouver l'efficacité et l'innocuité de sa formulation, grâce à un dossier technique qui comprend des essais en laboratoire sur les propriétés chimiques, physiques et biologiques du produit, mais aussi sur sa toxicité éventuelle pour l'homme, les animaux et l'environnement.

Si le produit phytosanitaire est autorisé dans un état membre de la CE, le demandeur n'a pas à répéter les tests et analyses déjà effectués (si les matières actives sont toutes inscrites dans la liste communautaire et si les compatibilités agricoles phytosanitaires et environnementales sont justifiées dans le dossier présenté à l'État membre). Il existe une procédure d'homologation simplifiée. (Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA, 2005)

Les tests exigés par les autorités réglementaires, en France comme dans le reste de l'Union Européenne, sont multiples : ils visent d'abord à évaluer sur les rats (et parfois d'autres animaux) les effets de la substance, lorsqu'elle est assimilée par voie orale, cutanée ou par inhalation. On mesure notamment l'absorption, la distribution, le métabolisme et l'élimination de la molécule par l'organisme, et on calcule la « dose létale », à savoir la quantité ou la concentration du produit nécessaire pour provoquer la mort de 50% d'un lot d'animaux (DL50 ou CL50), dans le but d'éviter des accidents graves lors des manipulations. Ensuite, on évalue ce qu'on appelle la « toxicité subchronique », c'est-à-dire les effets d'une absorption répétée du produit sur les organes, principalement le foie et les reins. Conduites en général sur quatre-vingt-dix jours ou un an (voire deux ans si un problème apparaît), ces études à long terme permettent d'établir la DES (Dose Sans Effet observé), à savoir la quantité maximale de substance dont l'absorption quotidienne n'entraîne aucun effet sur les animaux testés. La DES est exprimée soit en milligrammes de substance active par kilogramme de poids corporel de l'animal testé et par jour, soit en milligrammes de substance par kilogramme de nourriture (ppm), s'il s'agit d'un composant alimentaire. Enfin, des tests doivent vérifier si le produit présente un potentiel oncogénique (cancérigène), tératogène (capable de provoquer des malformations congénitales), ou mutagène (capable de modifier de manière permanente et transmissible, l'ADN des sujets exposés), et s'il a un potentiel irritant et sensibilisant. (Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA, 2005).

L'ensemble du dossier toxicologique permet d'établir des valeurs réglementaires comme la DJA (Dose Journalière Acceptable), qui désigne la quantité de substance que l'utilisateur ou le consommateur peut ingérer quotidiennement et pendant toute sa vie sans que sa santé en soit affectée.

Aux tests de toxicité visant à évaluer le danger que peut constituer une nouvelle molécule pour l'homme s'ajoutent des essais qui apprécient son comportement dans l'environnement (comme sa persistance, sa mobilité, son absorption par la chaîne alimentaire ou sa capacité à se biodégrader), ainsi que son potentiel écotoxique (pour les oiseaux, les abeilles, les poissons ou les plantes aquatiques). Il faut aussi évaluer les interactions entre la substance active et les autres composants qui peuvent modifier l'écotoxicité. (Aubertot et Coll., 2005)

Au final, le dossier toxicologique est examiné par la Commission d'étude de la toxicité des produits antiparasitaires à usage agricole, qui transmet un avis au Ministère de l'Agriculture. En général, celui-ci est conforme aux décisions prises au niveau européen par le Comité phytosanitaire permanent, chargé de l'inscription sur une liste évolutive des substances actives autorisées, en les classant selon leur degré de toxicité (irritant, corrosif, nocif, toxique et très toxique), avec une obligation d'étiquetage.

La procédure d'homologation des produits phytosanitaires est la base du contrôle de la toxicité des produits mis sur le marché.

## **I. Information du consommateur et étiquetage des pesticides**

Le règlement 1272/2008 relatif à l'emballage et à l'étiquetage des substances chimiques s'applique à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des produits phytosanitaires afin d'améliorer la protection des utilisateurs, des consommateurs de végétaux et la protection de l'environnement. (Etiquetage des substances chimiques. Site <http://europa.eu/> consulté le 05/01/2012)

L'autorisation de mise sur le marché est obligatoirement assortie de 2 catégories d'information qui doivent figurer sur l'étiquetage du produit :

- une information relative aux conditions d'emploi : elle reprend les usages autorisés, la dose homologuée, la période de traitement et les délais d'attente avant récolte dans le cas des produits phytopharmaceutiques ;
- une information relative à la toxicité et à l'écotoxicité du produit: les symboles de risques, les phrases de risques et les conseils de prudence. (Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA, 2005)

Le but de la réglementation sur l'emballage et l'étiquetage est d'assurer la protection des personnes pouvant être exposées à ces produits et la protection de l'environnement. L'étiquetage est la première information, essentielle et concise, fournie à l'utilisateur sur les dangers des produits et sur les précautions à prendre lors de l'utilisation. Tout emballage de produit phytosanitaire doit comporter une étiquette ou une inscription en langue française, apposée de manière apparente et lisible. (Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA, 2005)

Depuis l'arrêté du 23 décembre 1999, les produits utilisés pour le jardinage sont vendus séparément des produits à usages professionnels, étiquetés " emploi autorisé dans les jardins".

## **II. Résidus de pesticides dans l'alimentation**

Les résidus de pesticides constituent aujourd'hui un véritable problème de société. Depuis près de cinquante ans, ils ont été mis en évidence dans tous les compartiments de l'environnement, dans les eaux des rivières et des nappes phréatiques, dans l'air et dans les eaux de pluie. On les rencontre aussi dans les fruits, les légumes, les céréales et les produits d'origine animale (viande, poisson, lait et œuf). (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 14/10/2011)  
Quelles sont les limites fixées par la législation ? De quels moyens dispose-t-on pour contrôler la présence de résidus de pesticides dans notre alimentation ? Et à quelle concentration retrouve-t-on des produits phytosanitaires dans nos aliments ? C'est ce dont nous traiterons dans cette seconde partie.

### **A. Définition**

Dans le dictionnaire Larousse un résidu est défini comme « **la matière qui subsiste après une opération physique ou chimique, une transformation industrielle, une fabrication, en particulier après extraction des produits de plus haute valeur.** »

Lorsqu'on parle de résidus de pesticides cela correspond aux reliquats de l'usage de ses substances. Il s'agit donc du produit lui-même à l'état de trace, de ses métabolites et de ses produits de dégradation persistants dans les différents compartiments de l'environnement. En effet, les substances actives appliquées sur une culture ne sont pas stables, la molécule utilisée peut subir certaines transformations induites par les enzymes des plantes, la lumière, l'humidité ou d'autres facteurs environnementaux. Ainsi, sur les denrées alimentaires récoltées, des molécules chimiques autres que les substances actives initialement appliquées peuvent être présentes. Dans certains cas, le composé parent (c'est à dire la substance appliquée à l'origine sur les cultures) ne se trouve pas du tout dans les récoltes, mais on retrouve un métabolite typique indicateur de l'utilisation de ce composé parent. (EFSA Journal, 2010)

Le concept de résidus est utilisé pour définir la substance active utilisée dans des produits phytopharmaceutiques et ses métabolites, les produits de dégradation, et les autres produits de transformation, opportuns pour étudier l'exposition du consommateur. Pour chaque pesticide utilisé sur les denrées alimentaires, les autorités réglementaires ont besoin de choisir les composants pertinents à rechercher pour protéger le consommateur. (EFSA Journal, 2010)

### **B. Aspects législatifs**

Tous les aliments destinés à la consommation humaine dans l'Union Européenne sont soumis à une limite maximale de résidus de pesticides (LMR) dans leur composition, de manière à protéger la santé. Ces limites maximales de résidus (LMR) présentes dans les produits d'origine végétale et animale sont établies au niveau européen, ceci dans l'intérêt de la libre circulation des marchandises et de l'égalité des conditions de concurrence entre les États membres. Elles doivent tenir compte des meilleures pratiques agricoles et assurer un degré élevé de protection des consommateurs. Une différence dans les limites maximales pour les résidus de pesticides fixées au niveau national est susceptible d'entraver les échanges des produits entre les États membres et entre la Communauté européenne et les pays tiers.

Le règlement n°396/2005 du Parlement européen et du Conseil du 23 février 2005 rassemble dans un seul texte et harmonise les limites applicables aux différents produits d'alimentation humaine ou animale. L'objectif est d'assurer que les résidus de pesticides présents dans les aliments ne constituent pas un risque inacceptable pour la santé des consommateurs et des animaux. Ce texte est entré totalement en vigueur le 1er septembre 2008.

Le règlement européen rappelle que les LMR applicables aux pesticides doivent être constamment réexaminées et qu'elles doivent être modifiées afin de prendre en compte toute nouvelle information ou donnée. Par exemple, le 14 octobre 2011, la commission européenne a augmenté la LMR du clopyralide, un herbicide de la classe des pyridines, suite à la réévaluation de son profil toxicologique. Ainsi, pour le chou fleur, la LMR est passée de 0,5mg/kg à 3mg/kg. (Site <http://www.efsa.europa.eu/fr/> consulté le 15/01/2012)

Lorsque les utilisations de produits phytopharmaceutiques ne produisent pas des teneurs détectables en résidus de pesticides, il y a lieu d'établir les LMR au niveau de détermination analytique le plus bas. En ce qui concerne l'utilisation de pesticides non autorisés au niveau communautaire, il importe de fixer les LMR à un niveau suffisamment bas afin de protéger le consommateur contre l'ingestion de résidus de pesticides non autorisés ou de quantités excessives de résidus de pesticides. (Site <http://eur-lex.europa.eu/> consulté le 22/01/2012)

Pour ce qui est des denrées alimentaires produites hors de la Communauté Européenne, différentes pratiques agricoles concernant l'utilisation des produits phytopharmaceutiques peuvent s'appliquer légalement et ainsi entraîner des niveaux de résidus de pesticides différents de ceux résultant de l'application dans l'Union Européenne. Il importe, par conséquent, que pour les produits importés soient établies des LMR qui tiennent compte des utilisations et des résidus qui en résultent, pour autant que l'innocuité des produits puisse être prouvée au moyen des mêmes critères que ceux utilisés pour les produits nationaux. (Règlement pour fixer des LMR. Site <http://europa.eu/> consulté le 22/01/2012)

## **C. Indicateurs d'exposition**

### **1. Qu'est-ce que la LMR ?**

Les Limites Maximales de Résidus (LMR) de pesticides sont définies comme les concentrations maximales légales d'un résidu de pesticide (exprimée en mg/kg) dans ou sur l'alimentation humaine ou animale. Les aliments contenant des résidus de pesticides à des niveaux supérieurs à la LMR ne peuvent pas être proposés aux consommateurs.

Cette concentration maximale du résidu d'un pesticide autorisée dans ou sur des denrées alimentaires, est fixée conformément au règlement européen, sur la base des bonnes pratiques agricoles fixées lors de l'autorisation de mise sur le marché du produit phytosanitaire, en vue d'une exposition la plus faible possible permettant de protéger tous les consommateurs. Il y a une LMR pour chaque fruit, légume ou céréale et chaque pesticide. Les LMR sont établies pour les produits bruts, non lavés, d'origine végétale ou animale mis sur le marché, c'est-à-dire frais ou les produits congelés sans traitement, y compris les parties non comestibles telles que les pelures. Ainsi, l'épluchage des oranges, des mandarines, des pommes de terre va diminuer l'exposition du consommateur. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

La teneur maximale en résidus de pesticides dans les aliments est de 0,01mg/kg. Cette limite générale est applicable « par défaut », c'est-à-dire pour tous les cas où une limite maximale de résidu n'a pas été fixée de manière spécifique pour un produit ou un type de produit. Une LMR a été fixée pour environ 500 pesticides. (EFSA Journal, 2010)

Les autorités internationales s'accordent à dire que la présence d'un pesticide en dessous de sa LMR implique une alimentation sans risque pour la santé. De même, un dépassement de la LMR n'implique pas nécessairement un danger. (Rivière-Wekstein, 2011)

## **2. Contrôle des LMR**

Dans l'Union Européenne, chaque État membre effectue des contrôles des résidus de pesticides, pour vérifier le respect des LMR sur la base de programmes nationaux (choisis par chaque État) et un programme communautaires coordonné pour lequel des instructions précises sont données et mises à jour chaque année. Ces contrôles consistent notamment à prélever des échantillons, à les soumettre à des analyses et à identifier les pesticides qui y sont présents ainsi que leurs niveaux de résidus respectifs. Ainsi, on obtient des données révélatrices du bon respect des LMR pour les produits mis sur le marché européen et ces données peuvent être utilisées pour évaluer l'exposition réelle des consommateurs. (Site <http://europa.eu/> consulté le 22/01/2012)

Chaque année, un rapport sur les résidus de pesticides fournit une vue d'ensemble des résidus de pesticides dans l'alimentation (fruits, légumes et céréales) observés dans l'Union Européenne et les pays tiers, on évalue ainsi l'exposition des consommateurs européens à ces résidus par l'intermédiaire de leur régime alimentaire. De 1996 à 2006, ces rapports annuels étaient publiés par la Commission Européenne, depuis 2006 c'est l'Autorité européenne de sécurité alimentaire (EFSA) qui est en charge de cette mission. Au total, plus de 67 000 échantillons provenant de près de 300 types d'aliments différents ont été analysés du point de vue de leur teneur en résidus de pesticides. Les méthodes de surveillance utilisées par les États membres de l'UE permettent de détecter jusqu'à 834 pesticides différents. (EFSA Journal, 2011)

Actuellement, en France, chaque année, la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) réalise un programme annuel de surveillance et de contrôles des résidus de pesticides dans les denrées d'origine végétale (fruits, légumes, céréales, jus d'orange) mises sur le marché français. En plus, elle réalise des contrôles suite à des alertes. Ainsi, certains végétaux sont contrôlés systématiquement chaque année et une famille de produits moins consommés est aussi analysée. La DGCCRF établit un bilan des contrôles des résidus de pesticides dans les productions végétales. De même, la Direction générale de l'alimentation (DGAL) met en œuvre des plans de contrôle et de surveillance de la contamination des denrées alimentaires et aliments pour animaux tant d'origine végétale qu'animale. (Site <http://www.observatoire-environnement.org/> consulté le 22/01/2012)

Ceci, afin que les produits alimentaires mis sur le marché ne nuisent pas à l'intégrité physique et à la santé des consommateurs. Cependant, toutes les substances utilisées (et les produits issus de leur métabolisation) ne sont pas quantifiées, notamment en raison du coût des analyses et des limites méthodologiques. La contamination par certaines substances peut alors passer inaperçue pendant longtemps. En fait, la liste de molécules suivies est avant tout limitée aux molécules-mères et à celles qui présentent les plus fortes doses d'épandage. La rythmicité de l'échantillonnage est généralement régulière (elle est définie par les besoins des utilisateurs, qui ne sont pas nécessairement compatibles avec ceux d'une réelle surveillance de la qualité), alors que la contamination par les pesticides est le plus souvent un phénomène irrégulier. On peut par exemple observer un pic de concentration en herbicide dans les eaux souterraines dans les quelques heures qui suivent les épisodes pluvieux. (Louchart et Coll., 2001)

### **3. Au delà des LMR**

#### **a) Les causes**

Les LMR peuvent être dépassées lorsque les bonnes pratiques agricoles ne sont pas respectées. Par exemple lorsqu'un pesticide est appliqué sur une culture pour laquelle il ne possède pas d'autorisation, ou s'il est appliqué sur une culture autorisée mais à des doses trop élevées ou à un intervalle de temps trop faible par rapport à la récolte. Exceptionnellement, on retrouve une LMR élevée à cause d'une dérive lors de la pulvérisation sur un champ voisin, ou à cause de la contamination de l'échantillon lors du stockage ou du conditionnement ou bien à cause de conditions climatiques défavorables associées à modification du métabolisme du pesticide. Enfin, les LMR peuvent être dépassées si elles sont fixées à une concentration inappropriée. (EFSA Journal, 2010)

#### **b) Quelques chiffres**

En 2002, une étude italienne a mis en évidence la présence de roténone dans de l'huile d'olive biologique, avec un taux de contamination de l'ordre de 500 ppb soit un dépassement de plus de 10 fois la LMR (0,04 mg/kg). (Cabras et Coll., 2002)

Le mensuel Que Choisir rapporte une présence de cuivre et de soufre au-delà des limites autorisées dans des échantillons de raisins " bio " analysés, la revue souligne même un cas de dépassement de la LMR pour le cuivre (17 mg/kg contre 15 mg/kg autorisés). Et pour le soufre, tous les échantillons dépassaient la LMR de 50 mg/kg. Certains échantillons présentaient même des pointes de résidus au dessus de 140mg/kg. (Rivière-Wekstein, 2011)

Pour l'année 2009, le rapport de l'EFSA constate que 1,2% de l'ensemble des échantillons analysés dépassaient les limites maximales de résidus légales. Davantage de pesticides dépassant les LMR ont été observés dans des aliments importés de pays hors Union Européenne (6,9%), comparativement aux échantillons provenant de l'Union Européenne (1,5%). (EFSA Journal, 2011)

#### **c) Les risques pour le consommateur**

Aujourd'hui, on est en mesure de détecter des résidus au « ppb près », c'est-à-dire de déceler la présence d'un millionième de gramme d'une substance dans un kilogramme de produit analysé (cela équivaut à un millimètre sur la distance Dunkerque-Marseille). Cette finesse d'étude explique pourquoi toute denrée alimentaire peut se retrouver touchée par une « contamination » sans que cela ne soit source d'inquiétude. (Rivière-Wekstein, 2011)

« La LMR ne représente pas une limite toxicologique et son dépassement ne doit pas être nécessairement source d'inquiétude pour la santé publique », précise la Direction Générale de la Santé de l'Union Européenne (DG Sanco) dans son rapport annuel sur la surveillance des pesticides de 2008. (EFSA Journal, 2010) En réalité la LMR représente un indicateur de « bonnes pratiques agricoles ». Ainsi, un produit phytosanitaire dont l'usage est limité à 40 jours avant la récolte, aura une LMR proche de la limite de détection, puisqu'après ce délai, il ne devrait plus en subsister la moindre trace dans l'alimentation. En revanche, un produit utilisé pour le stockage d'une récolte (notamment pour lutter contre les mycotoxines) aura une LMR plus élevée malgré un profil toxicologique moins favorable. Le calcul des LMR prend en considération les aspects toxicologiques, évalués entre autres grâce à la DJA (Dose Journalière Admissible, c'est la quantité estimée d'une substance présente dans les denrées alimentaires, exprimée par rapport au poids corporel, qui peut être ingérée quotidiennement tout au long de la vie sans risque appréciable pour tout consommateur, compte tenu de tous les facteurs connus au moment de l'évaluation ainsi que des groupes sensibles de la population (enfants, fœtus et embryons)), à la DES (Dose Sans Effet, soit la quantité maximale de substance dont l'absorption quotidienne n'entraîne aucun effet sur les animaux testés. La DSE est exprimée soit en milligrammes de substance active par kilogramme de poids corporel de l'animal testé et par jour soit en milligramme de substance par kilogramme de nourriture (ppm), s'il s'agit d'une concentration alimentaire), et à l'ARfD (Dose de Référence Aiguë soit la quantité estimée d'une substance présente dans les denrées alimentaires, exprimée par rapport au poids corporel, qui peut être ingérée sur une période de courte durée, généralement au cours d'une journée, sans risque appréciable pour la santé du consommateur, compte tenu des données obtenues sur la base d'études appropriées ainsi que des groupes sensibles de la population (enfants, fœtus et embryons)). Toutes ses normes sont calculées avec des coefficients de sécurité. Ce qui fait qu'au final une exposition à 1% correspond à une exposition 10 000 fois inférieure à la plus faible dose toxique pour l'animal de laboratoire le plus sensible. Or, aucune LMR ne peut être établie sans qu'un coefficient de sécurité supplémentaire entre la LMR et la DJA, d'un facteur de 100 au minimum, n'ait été retenu. Ce qui explique qu'un dépassement de la LMR n'a jamais été une source d'inquiétude pour les autorités. (Rivière-Wekstein, 2011)

Une équipe de chercheurs suisses a cherché à évaluer le risque d'exposition de l'homme aux pesticides à travers l'alimentation, en Suisse et aux États-Unis. Ils ont utilisé une approche mettant en œuvre un important travail de modélisation et l'équipe du Dr Ronnie Juraske a calculé l'impact sur la santé humaine de l'exposition aux résidus de très nombreuses molécules (jusqu'à 440 aux États-Unis), à partir de la consommation de fruits et légumes. Les chercheurs ont ensuite converti cet impact en termes d'espérance de vie. Ils sont parvenus à la conclusion que l'exposition aux pesticides, durant la vie d'un individu, réduisait son espérance de vie de 4,2 minutes dans le cas de la Suisse, et de 3,2 minutes dans celui des États-Unis. Une perte potentielle largement compensée par les bénéfices nutritionnels qu'apporte la consommation de fruits et légumes. (Juraske et Coll., 2009) (Rivière-Wekstein, 2011)

Si un résidu dépasse la LMR, la consommation du produit n'est pas nécessairement à risque. Une évaluation de l'exposition et une comparaison avec les valeurs toxicologiques de référence sont nécessaires pour conclure si la consommation de ses aliments est risquée pour la santé du consommateur. (EFSA Journal, 2010)

## **D. Les résidus de pesticides dans l'alimentation**

L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) publie un rapport annuel sur les résidus de pesticides (dernière publication en avril 2012), qui fournit une vue d'ensemble des résidus de pesticides dans l'alimentation (fruits, légumes et céréales) observés dans l'Union européenne (UE) (le rapport concerne les 27 États membres de l'UE ainsi que la Norvège et l'Islande) et qui évalue l'exposition des consommateurs européens à ces résidus par l'intermédiaire de leur régime alimentaire. Le rapport concernant l'année 2009 indique que 97,4% des échantillons analysés sont conformes aux limites maximales de résidus (LMR) de pesticides autorisés dans les produits alimentaires dans l'UE. (EFSA Journal, 2011) Ce pourcentage était de 96,5% dans le rapport publié en 2010 qui analysait l'année 2008. Dans 61,4% des échantillons aucun résidu des pesticides recherchés n'a été détecté. En 2008, les épinards sont les produits pour lesquels le nombre d'échantillons dépassant les LMR a été le plus élevé (6,2% des échantillons), suivis par les oranges (3,0% des échantillons) et le riz (2,4% des échantillons). (EFSA Journal, 2010)

En 2009, les résidus de deux ou plusieurs pesticides ont été trouvés dans 25,1% des échantillons analysés. Ce pourcentage était de 27% en 2008. Le plus grand nombre de pesticides différents dans un seul échantillon était de 26 et a été enregistré pour un échantillon de raisin de table venant de Turquie. La présence de multiples résidus dans un même échantillon peut résulter de l'application de différents types de pesticides, de mélanges de lots avec des traitements différents, de contaminations, mais aussi de pratiques qui ne respectent pas les principes de bonnes pratiques agricoles. (EFSA Journal, 2011)

En France, en 2008, le programme de surveillance des fruits et légumes a observé que 96% des échantillons de fruits et légumes (3 430 échantillons) respectent la réglementation. Ainsi, les LMR ont été dépassées dans 4% des cas contre 6,6% en 2005. (Surveillance et contrôle des résidus de pesticides dans les produits d'origine végétale en 2008. Les derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

## **1. Résidus de pesticides présents dans les légumes**

La France est le troisième pays producteur européen de légumes : elle en a produit plus de 6 millions de tonnes en 2002, sur seulement 1% de la SAU française. Grâce à la diversité des conditions climatiques françaises, plus de cinquante espèces légumières sont produites, représentant de très nombreuses variétés. Les productions légumières françaises sont aussi multiples, du point de vue des structures de production, allant de très petites exploitations souvent à main d'œuvre familiale à des exploitations très spécialisées aux nombreux salariés. Ils sont destinés au marché du frais et la lutte chimique apparaît pour la plupart des producteurs en cultures maraîchères comme le moyen de gestion le plus simple, le plus efficace et le moins coûteux vis-à-vis des agresseurs. En culture légumière de plein champ, la lutte chimique est assez intense : les cultures légumières de plein champ destinées à l'industrie (pois, haricots, carottes) reçoivent en moyenne six à neuf traitements par culture (trois herbicides, un à deux insecticides, deux à quatre fongicides). Mais l'intensité vient du fait que ces chiffres doublent dans les cas (fréquents) où deux cultures se succèdent sur la même parcelle la même année, ceci dans le but de garantir une régularité de production et donc de rendement. (Aubertot et Coll., 2005)

En ce qui concerne les légumes, le rapport de l'EFSA, en 2008, a étudié les LMR pour des échantillons de pommes de terre, de carottes, de concombres, d'épinards et de haricots écosés. Les échantillons analysés qui dépassaient le plus souvent les LMR sont les échantillons d'épinards (6,3% des mesures étaient supérieures aux LMR) suivis des concombres (2,1%), des carottes (1,8%), des haricots écosés (0,8%) et des pommes de terre (0,5%). Le pourcentage d'échantillons dépassant les LMR entre 2005 et 2008 a augmenté pour certains légumes comme les carottes et les concombres alors qu'il a diminué pour les épinards et les pommes de terre. L'augmentation du nombre d'échantillons dépassant les LMR pour les carottes et les concombres peut sembler alarmante mais il faut savoir que entre 2005 et 2008 les LMR ont été modifiées (il y a eu une harmonisation des LMR en septembre 2008). Ainsi, l'analyse des dépassements des LMR doit être effectuée en regard des LMR appliquée sur une période donnée. (EFSA Journal, 2010)

Les légumes analysés changent tous les ans, ainsi en 2009 ont été analysés les aubergines, les choux fleurs et les pois écosés. Le pourcentage d'échantillons dépassant les LMR a diminué pour ces trois produits par rapport aux précédentes analyses. La plus grande différence concerne les aubergines : en 2006 4,3% des échantillons dépassaient les LMR contre 1,7% en 2009. (EFSA Journal, 2011)

En France, le programme de surveillance national concernant l'année 2008 rapporte que 71,1% des échantillons analysés ne contiennent pas de résidus de pesticides et en moyenne 3,9% des légumes présentent des dépassements de LMR. Les dépassements concernent essentiellement les poivrons et piments, les céleris branches, les navets, le persil, les laitues et les épinards. À l'inverse, les concombres, les tomates et les pommes de terre ont un taux de dépassement de la LMR inférieur à la moyenne des dépassements (en ne considérant que les légumes pour lesquels le nombre d'échantillons analysés est représentatif).

En 2005, 63,9% des échantillons ne contenaient pas de résidus et les dépassements concernaient essentiellement les salades, les poivrons, les épinards, les haricots frais non écosés. (Surveillance et contrôle des résidus de pesticides dans les produits d'origine végétale. Derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

La Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) a mis en place, en 2009, un plan de surveillance de la contamination des carottes par des résidus de produits phytopharmaceutiques (101 échantillons ont été prélevés et analysés, 31 substances actives ont été recherchées). Ceci dans le but de vérifier la conformité des produits végétaux vis-à-vis des limites maximales de résidus de pesticides (LMR). Six régions ont participé à ce plan. Les résultats montrent que 8% des échantillons sont non conformes. Dans 74% des échantillons on retrouve des résidus de produits phytosanitaires quantifiables. Seulement 9% des échantillons sont sans traces détectables des trente-neuf substances phytopharmaceutiques qui ont été recherchées. Jusqu'à huit substances actives différentes ont été détectées dans un même échantillon. La culture des carottes va donc continuer à être surveillée par les autorités avec pour objectif de faire diminuer les quantités de produits phytosanitaires utilisées. (Bilan 2009. DGAL, 2010)

#### **a) Cas du brome dans les salades d'hiver**

Une enquête de la DGCCRF au cours des mois de décembre 2006 à février 2007 a étudié les taux de résidus de pesticides et de brome dans les salades d'hiver. 223 prélèvements ont été réalisés tout au long de la filière, de la production jusqu'au détail, sur des salades d'origine locale, d'autres régions de production française ou étrangères.

44 prélèvements (soit 19,82% des 222 échantillons ayant pu être analysés) ont été déclarés « non conformes » ou « à suivre ».

40,9% de ces prélèvements « non conformes » ou « à suivre » concernent la détection de produits non homologués ou interdits d'utilisation sur les salades et 32% des prélèvements « non conformes » présentent au moins deux dépassements de la LMR.

Ces résultats cachent de grandes disparités entre les régions, une grande partie des résultats « non conformes » ou « à suivre » proviennent des régions méditerranéennes, principales zones de production des salades d'hiver. Au regard du nombre restreint de prélèvements, les résultats des prélèvements effectués sur des productions étrangères ne peuvent être considérés significatifs mais ils montrent que les autres pays producteurs sont confrontés aux mêmes difficultés. (Surveillance et contrôle des résidus de pesticides dans les produits d'origine végétale. Derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

Les variétés où l'on trouve le plus grand nombre de non conformité sont par ordre d'importance décroissante : les laitues, les batavias et les feuilles de chêne. (Surveillance et contrôle des résidus de pesticides dans les produits d'origine végétale. Derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

Les enquêteurs de la DGCCRF ont rappelé la réglementation et demandé des auto-contrôles pour garantir au consommateur une qualité sanitaire irréprochable.

La salade d'hiver apparaît ainsi comme l'un des produits végétaux où le pourcentage de non conformité est particulièrement élevé. (Tableau I)

**Tableau I : Évolution des résultats des plans de contrôle des salades d'hiver**

Années	Nbre d'échantillons analysés	Nbre d'échantillons non conformes	Pourcentage de non conformité
2003/2004	184	44	23,90%
2004/2005	156	37	23,70%
2005/2006	184	37	20,10%
2006/2007	222	44	19,82%

## **2. Résidus de pesticides présents dans les fruits**

En France, le programme de surveillance des fruits en 2008 rapporte que 41% des échantillons ne contiennent pas de résidus de pesticides. Mais 3,6% des échantillons sont non conformes car ils dépassent les LMR communautaires. Les dépassements concernent essentiellement les raisins de table, les poires, les cerises, les pommes et les kiwis. En 2005, 38% des échantillons ne contenaient pas de résidus de pesticides et les dépassements concernaient essentiellement les fraises, les pêches et certains agrumes tels que les citrons et les mandarines. (Site <http://www.economie.gouv.fr/> consulté le 26/02/2012)

L'étude européenne de l'EFSA pour l'année 2008 a analysé des mandarines, des oranges et des poires. Les mandarines sont les fruits qui possédaient le plus important pourcentage d'échantillons avec des dosages inférieurs aux LMR. (EFSA Journal, 2010)

Pour 2009, les analyses de l'EFSA montrent que le raisin de table est le fruit étudié qui dépasse le plus souvent les LMR (2,8% des échantillons). Alors que pour les bananes, seuls 0,4% des échantillons dépassent les LMR et aucun échantillon de jus de fruit ne dépasse les limites autorisées. (EFSA Journal, 2011)

## **3. Résidus de pesticides présents dans les céréales et produits céréaliers**

Du fait de la surface importante ou de la sensibilité particulière à un ou plusieurs bio-agresseurs, certaines cultures accumulent une forte proportion des pesticides. Ainsi, 80% des traitements sont réalisés sur quatre cultures : céréales (40%), vigne (20%), maïs (10%) et colza (9%). Ces cultures ne représentent que 40% de la SAU mais concentrent 80% des pesticides consommés chaque année (en poids). De plus, selon le profil "type" de bio-agresseurs propre à chaque culture, le type de produit utilisé majoritairement sera très différent, fongicides pour les céréales à paille et la vigne, herbicides pour le maïs et insecticides pour le colza. Les données montrent qu'en grandes cultures, le nombre moyen de traitements par culture augmente même si en parallèle, les quantités totales de produits utilisées se réduisent pour de nombreuses matières actives. En France, de façon générale, les pratiques sont encore orientées majoritairement vers des objectifs de production élevés, notamment en ce qui concerne la production céréalrière. (Aubertot et Coll., 2005)

Dans le produit final, les quantités de pesticides sont mesurées lors de contrôle de qualités des récoltes. Ainsi, en 2008, dans le rapport de surveillance de la DGCCRF, 2,6% des 352 échantillons de céréales et produits céréaliers ne respectent pas les LMR ; contre 1,6% de non-conformité sur 239 échantillons en 2005. (Derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

En 2009, l'étude de l'EFSA montre que 0,8% des échantillons de blé analysés dépassaient les LMR. (EFSA Journal, 2011)

#### **4. Résidus de pesticides présents dans les herbes aromatiques**

Au 1er semestre 2005, le laboratoire cantonal de Genève du Service de Protection de la Consommation a procédé à l'analyse de dix-sept variétés de plantes aromatiques. Les tests ont révélé la présence de neuf insecticides et dix fongicides différents, pour la majorité non autorisés sur les herbes aromatiques. La contamination en résidus de pesticides était telle que certains produits ont été retirés du marché et détruits. (Recherche de résidus de pesticides dans les herbes aromatiques. Site <http://www.economie.gouv.fr/> consulté le 26/02/2012)

En France, la DGCCRF a enquêté en Alsace, pour vérifier au plan local la présence de résidus de pesticides dans les fines herbes. Les départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin ont chacun prélevé dix échantillons. Les échantillons étaient d'origine française (85% des échantillons), italienne (5%) ou tierce (Israël - Tunisie) pour deux échantillons, soit 10%.

Les échantillons ont été prélevés à tous les stades de la filière : production, stade de gros, grandes et moyennes surfaces, jardinerie et magasins spécialisés en fruits et légumes.

Les produits prélevés étaient de nature diverse : herbes aromatiques en pot (thym, basilic, aneth, mâche des montagnes, ciboulette, menthe poivrée), surgelées (basilic, oseille, estragon), fraîches (basilic, ciboulette, menthe, oseille).

Quatre échantillons, tous d'origine française, ont été reconnus "non conformes" pour la présence de matières actives non autorisées (bruprofénine, pyriproxifène), ou le dépassement de LMR (chlorothalonil, mercaptodiméthure), soit 20% de non-conformité. (Recherche de résidus de pesticides dans les herbes aromatiques. Site <http://www.economie.gouv.fr/> consulté le 26/02/2012)

Des procès-verbaux ont été dressés à l'encontre des entreprises responsables de la première mise sur le marché. De nouveaux contrôles ont été programmés. Ainsi, en 2009, la région Lorraine a programmé des prélèvements sur les herbes aromatiques. L'origine des échantillons était la suivante : française pour dix échantillons, soit 55,6%, autres États membres de l'Union Européenne (Italie, Pays-Bas) pour quatre échantillons, soit 22,2%, tierce (Israël - Maroc) pour deux échantillons, soit 11,1%, et non précisée, pour deux échantillons.

Dix-sept des dix-huit échantillons d'herbes aromatiques se sont révélés conformes. Un échantillon de persil en vrac, d'origine Italie a été reconnu " non conforme " pour dépassement des LMR de procymidone et de difénoconazole. Une demande d'enquête complémentaire a été transmise, pour déterminer le responsable de la première mise sur le marché de ce produit. (Recherche de résidus de pesticides dans les herbes aromatiques. Site <http://www.economie.gouv.fr/> consulté le 26/02/2012)

## **5. Résidus de pesticides présents dans les mollusques et poissons**

Une étude d'une équipe chinoise en 2009 a étudié la présence de composés organochlorés dans des produits issus du milieu marin et destinés à l'alimentation. Pendant deux mois, en août et septembre 2007, ils ont ainsi prélevé des échantillons de poissons et de mollusques sur les marchés de douze villes de la province de Liaoning en Chine. Après analyse, vingt-deux pesticides organochlorés furent détectés et parmi eux, le DDT, l'endosulfan ou du lindane. Dans tous les échantillons, on a retrouvé du DDT à des concentrations variant de 0.57 à 177.56 ng/g. Il y a deux raisons possibles pour les concentrations de DDT soient élevées dans la zone d'étude, tout d'abord c'est une utilisation historique lourde et l'existence d'une nouvelle source potentielle. Le DDT a été largement utilisé en Chine entre les années 1950 et 1983, il serait toujours en cours de production en Chine pour une utilisation dans la lutte antipaludique et est également présent comme impureté dans le dicofol, un insecticide utilisé actuellement en Chine. (Gatignol C. et Étienne J.C., 2010)

En général, les concentrations en pesticides étaient plus élevées dans les poissons que dans les mollusques, elles étaient plus élevées dans les poissons d'eaux douces que dans les poissons issus du milieu marin. Cela montre que les poissons d'eaux douces sont plus sensibles aux résidus de pesticides organochlorés dans cette province agricole et qu'il y a des différences de sensibilité entre le poisson et les mollusques. Pour mieux connaître les habitudes de consommation de ses produits dans la région (fréquence, quantité), des questionnaires alimentaires ont été distribués. Dans cette province chinoise, les habitants consomment en moyenne 34,08 g/jour de poisson et 24,12 g/jour de mollusques. Ce qui a permis d'estimer l'exposition quotidienne aux résidus de pesticides organochlorés des habitants de la province. En ce qui concerne le DDT, la dose ingérée quotidiennement *via* la consommation de poissons d'eaux douces est estimée à 18,64 ng/kg de poids corporel/jour. Cette valeur reste inférieure aux valeurs de référence marquant un risque cancérigène. (Zheng et Coll., 2010)

Les composés organochlorés ont été largement utilisés en Chine, par conséquent, le rejet de polluants dans l'environnement s'est développé rapidement et la voie alimentaire est une source d'exposition importante à ses contaminants. Les organismes aquatiques sont des marqueurs de la contamination de l'eau par des polluants tels que les métaux lourds ou les pesticides. (Zheng et Coll., 2010)

## **6. Résidus de pesticides présents dans la production issue de l'agriculture biologique**

Le marché français des produits biologiques connaît une croissance forte. Ainsi, selon les données de l'Agence Bio, au 31 décembre 2010 : 20 600 exploitations développent des produits biologiques, cela correspond à 830 000 ha, soit 3% de la surface agricole utile.

Par ailleurs, en 2009 les ventes de produits biologiques ont représenté 3 milliards d'euros (1,9% du marché alimentaire total). Et le gouvernement français encourage la production biologique ainsi, il a été inscrit dans la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement l'objectif de 6% de la surface agricole utile consacrés à l'agriculture biologique en 2012 et de 20% en 2020. (Site <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Une réglementation spécifique permet d'assurer au consommateur que les produits qu'il consomme répondent bien au cahier des charges de l'agriculture biologique. Tous les opérateurs (producteurs, transformateurs, grossistes, importateurs, etc.) doivent notifier leur activité à l'Agence Bio qui tient un annuaire des professionnels de l'agriculture biologique. Ils doivent passer un contrat avec un organisme certificateur qui contrôlera leur activité au moins une fois par an. Des règles spécifiques régissent ce mode de culture. Ainsi, il n'est pas permis de recourir aux OGM et aux pesticides et engrais chimiques de synthèse dans le cadre de la production biologique. La législation de l'Union Européenne n'autorise l'emploi que d'un nombre très limité de pesticides pour la production de l'alimentation biologique. Il n'existe pas de LMR spécifiques pour les produits biologiques, les LMR applicables sont les mêmes que pour les produits conventionnels. (EFSA Journal, 2010)

Le rapport de l'EFSA pour l'année 2008 montre que les LMR ont été dépassées dans 0,9% des échantillons de produits biologiques analysés. Ce taux est de 3,7% pour les fruits et légumes cultivés de façon conventionnelle. (EFSA Journal, 2010)

En 2009, 3 090 échantillons de produits issus de l'agriculture biologiques ont été analysés par l'étude de l'EFSA. En ce qui concerne les fruits et les noix issus de l'agriculture biologique, moins d'échantillons (0,4%) dépassaient les LMR en comparaison des échantillons issus de l'agriculture conventionnelle (2,7%). 0,5% des échantillons de légumes issus de l'agriculture biologique dépassaient les LMR contre 3,4% pour les légumes issus de l'agriculture conventionnelle. Bien qu'ils ne soient pas autorisés pour l'agriculture biologique, les substances suivantes ont été retrouvées dans les échantillons : le chlorméquat, l'oxyde de fenbutatine, le mépiquat, le propamocarbe et le méthabenzthiazuron. (EFSA Journal, 2011)

En France, en 2009, dans le cadre du plan de surveillance communautaire et des plans de contrôles nationaux des résidus de pesticides, la DGCCRF a procédé à 320 prélèvements de produits issus de l'agriculture biologique. Les résultats d'analyses font apparaître un taux de non-conformité de 3,75% pour l'utilisation de pesticides. Ce taux était de 7,7% en 2008 pour un nombre de prélèvements stable. (Derniers contrôles alimentaires de la DGCCRF. Site [http://www.bercy.gouv.fr/directions\\_services/dgccrf/securite/produits\\_alimentaires/contrôles\\_alimentaires/](http://www.bercy.gouv.fr/directions_services/dgccrf/securite/produits_alimentaires/contrôles_alimentaires/) consulté le 26/02/2012)

## **7. Résidus de pesticides présents dans l'eau de boisson**

Jusqu'à la fin du 19<sup>ème</sup> et au début du 20<sup>ème</sup> siècle, de graves épidémies de choléra et de fièvre typhoïde liées à la contamination de l'eau consommée par la population sont survenues en Europe occidentale. Aujourd'hui, les principaux risques sanitaires susceptibles d'être engendrés par l'ingestion d'eau du robinet sont : le risque microbiologique (la contamination des eaux par des microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites)) et le risque chimique lié à la présence de substances toxiques tels que les pesticides. Les risques sanitaires engendrés par des microorganismes pathogènes ou des substances chimiques ne sont pas spécifiques aux eaux du robinet mais peuvent également concerner les eaux conditionnées. C'est pourquoi des exigences de qualité sont également fixées pour les eaux conditionnées (eau minérale, eau de source). La présence de pesticides dans les eaux d'alimentation ne doit pas être négligée, même si les apports en pesticides liés à l'eau ne représentent qu'une faible part des apports totaux par ingestion (10% selon l'Organisation Mondiale de la Santé).

En France, la quasi-totalité de la population est desservie par le réseau d'eau potable. Les ressources en eau qui alimentent les réseaux de distribution sont principalement d'origine souterraine (95%). Les prises d'eau superficielle, bien que moins nombreuses (1 368) sont toutefois des ressources en eau très importantes dans la mesure où elles alimentent environ un tiers de la population française. Selon l'Institut Français de l'Environnement (IFEN) le bilan est lourd : en France, la moitié des cours d'eau et près d'un tiers des nappes souterraines contrôlées en 2004 présentaient des traces significatives de pesticides. Le sixième rapport IFEN sur les pesticides dans les eaux pointe ainsi une contamination quasi-généralisée des eaux par ces produits. (Aubertot et Coll., 2005)

### **a) Contrôles et réglementation**

Le suivi sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine comprend le contrôle sanitaire des eaux exercé par les services de l'État et la surveillance réalisée par les responsables de la distribution d'eau. Les pesticides sont recherchés au niveau des ressources en eau utilisées pour la production d'eau potable et à la sortie des installations de production d'eau potable.

Tout lieu de contrôle confondu (captage, production, distribution), plus de 560 000 mesures annuelles de pesticides ont été réalisées entre 2001 et 2003. D'années en années, le contrôle sanitaire s'intensifie en quantité (nombre de prélèvements réalisés) et en performance (nombre de pesticides recherchés). (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. Sept. 2005)

Compte tenu du nombre élevé de pesticides autorisés et utilisés et du coût des analyses,

il est nécessaire de cibler les pesticides. Le choix des pesticides à rechercher est donc adapté par l'Agence Régionale de la Santé en fonction notamment des activités agricoles locales, des surfaces cultivées et des quantités de pesticides vendus ; des listes régionales hiérarchisant les pesticides à rechercher sont disponibles pour les laboratoires réalisant les analyses. La recherche des pesticides dans les eaux est réalisée par chromatographie en phase liquide ou gazeuse, éventuellement couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. Sept. 2005)

En cas de dépassement des exigences de qualité ou de signes de dégradation de la qualité de l'eau, les autorités sanitaires évaluent les risques sanitaires en demandant des analyses complémentaires (article R. 1321-17 du CSP) et, si nécessaire, elles peuvent recommander à la population de ne plus consommer l'eau du réseau public pour les usages alimentaires. (Momas et Coll., 2004)

### **b) Limites de qualité**

Le Code de la santé publique (CSP) fixe les dispositions réglementaires en matière d'eau potable, en application de la directive européenne 98/83/CE. Pour les pesticides dans l'eau au robinet du consommateur, les limites de qualité sont fixées à :

- 0,10 µg/L pour chaque pesticide (à l'exception de l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et de l'heptachloroépoxyde : 0,03 µg/L) ;
- 0,50 µg/L pour le total des substances mesurées. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 08/03/2012)

**c) Les résultats du contrôle sanitaire 2001/2003 pour les eaux mises en distribution**

Dans le cadre du contrôle sanitaire, quatorze familles de pesticides différentes ont été recherchées : les triazines, les organochlorés, les urées substituées, les organophosphorés, les métabolites des triazines, les carbamates, les amides, les nitrophénols et alcools, les aryloxyacides, les triazoles, les pyréthriinoïdes, les tricétones, les sulfonilurées et les autres pesticides.

La diversification des programmes de contrôle et l'amélioration des méthodes d'analyses ont permis de rechercher progressivement un nombre beaucoup plus important de pesticides dans les eaux mises en distribution : de 217 pesticides recherchés en 1997, ce nombre est passé à 285 en 2001, puis à 369 en 2003. (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. 2005)

La fréquence de recherche a particulièrement augmenté pour les triazines, les urées substituées et les organochlorés, considérés en 1995 comme les pesticides les plus fréquemment responsables de la contamination des eaux.

332 pesticides différents, sur les 369 recherchés, ont été détectés dans les eaux mises en distribution au cours de la période 2001 à 2003. Ces détections représentaient 11,7% des mesures. 59 pesticides ont été détectés à une teneur supérieure à la limite de qualité au moins une fois entre 2001 et 2003 (de 1 à 4 488 dépassements selon le pesticide considéré). Seuls 17 de ces pesticides présentaient plus de 10 dépassements de la limite de 0,1 µg/L. L'atrazine-déséthyl et l'atrazine représentaient à elles seules 87% des dépassements de la limite de qualité entre 2001 et 2003. (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. 2005)

Au final, entre 2001 et 2003, 99% des mesures réalisées dans les eaux mises en distribution ont mis en évidence une absence de pesticides ou une présence de pesticides à des teneurs inférieures à la limite de qualité. (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. Sept. 2005)

Pour les eaux d'origine souterraine, les mesures se sont avérées conformes dans 98,9% des cas, contre 99,8% pour les eaux d'origine superficielle. Cette situation tient au fait que les eaux d'origine superficielle font généralement l'objet d'un traitement plus poussé vis-à-vis des pesticides (charbon actif, membranes...). (Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. Sept. 2005)

Ainsi, selon le rapport de la DDASS, 91% de la population, soit plus de 51 millions d'habitants, étaient alimentés en 2003 par une eau conforme en permanence aux limites de qualité réglementaires. Le nombre d'habitants concernés par des restrictions de consommation d'eau pour les usages alimentaires en raison d'une présence trop importante de pesticides a diminué de 416 000 sur la période 1999-2001 à 164 000 en 2003, soit une baisse de 60%. (Site <http://www.eaufrance.fr> consulté le 26/01/2012)

En 2007, sur 2023 points d'observation de la qualité des eaux de surface : seules 9,2% des stations n'ont pas mis en évidence la présence de pesticides ; en ce qui concerne les eaux souterraines, 82,2% des stations respectent les normes de qualité des eaux souterraines mais 3,8% des stations ne respectent pas les normes de qualité tant pour la concentration totale en pesticide que par substance. Il reste du travail pour atteindre les objectifs du Grenelle de l'environnement qui prévoit notamment un retour au « bon état écologique et chimique des masses d'eau » pour 2015. (Pollution des eaux de surface par les pesticides. Site <http://www.eaufrance.fr/> consulté le 26/01/2012)

## **8. Résidus de pesticides présents dans le vin**

La viticulture est la seconde culture utilisatrice de produits phytosanitaires en France, après la culture céréalière soit 15.6% du marché français, alors que les vignobles ne constituent que 3.2% de la surface agricole utile (SAU). 80% des pesticides utilisés sont des fongicides. Les produits phytosanitaires sont considérés comme la solution quasi unique aux agresseurs de la culture. Il en résulte pour les exploitations des coûts qui représentant la moitié de leurs charges d'approvisionnement. La production de vendanges saines est considérée comme une des conditions essentielles posée par les œnologues pour produire des vins de qualité répondant aux demandes du marché ; mais l'utilisation massive des pesticides, et parfois uniquement dans une optique de prévention en vue de rendements importants, peut être la source de résidus retrouvés en quantités massive dans le raisin récolté. (Soler, 2007)

De nombreuses démarches ont été engagées pour améliorer les performances environnementales du secteur viticole, tant pour réduire les effets nocifs sur l'environnement que pour des raisons commerciales ayant trait à l'image du produit aux yeux des consommateurs, en effet, le vin est aujourd'hui essentiellement un produit festif ou de convivialité. (Soler, 2007)

En ce qui concerne la filière du vin, les LMR sont fixées pour le raisin en tenant compte de sa transformation en vin. En effet la vinification joue un rôle, seules quelques molécules présentes sur les raisins se retrouvent dans les vins et à des teneurs faibles et inférieures aux LMR du raisin. Pour encadrer de façon plus précise encore l'utilisation de ces produits, des LMR sur le vin lui-même sont actuellement étudiées au niveau de l'Union Européenne. (Soler, 2007)

Sur les campagnes viticoles 1990 à 2003, le Ministère de l'Agriculture a développé un plan de surveillance des résidus de pesticides. Sur 1 172 vins analysés, on observe la présence de seulement un tiers des molécules recherchées, le plus souvent à des teneurs faibles, nettement inférieures à celles observées sur le raisin. Au delà du plan de surveillance, ces résultats rassurants sont confirmés par différentes études menées par la Direction Générale de l'Alimentation et l'Institut Français de la Vigne et du Vin (IFV), ainsi que par les analyses régulièrement faites par les professionnels de la production et du négoce. (Soler, 2007)

### **- Le vin « biologique » existe-t-il ?**

Les viticulteurs en agriculture biologique s'astreignent à utiliser des produits exempts de molécules chimiques de synthèse. Pour la culture de la vigne, ils emploient des matières premières d'origine naturelle (cuivre, soufre, insecticides d'origine végétale) et cherchent à promouvoir la lutte naturelle entre les espèces. Aujourd'hui, il n'existe pas de vin biologique mais on trouve du vin issu de raisins issus de l'agriculture biologique.

La qualification « vin biologique » n'est pas possible tant que la réglementation propre au mode de production biologique n'a pas prévu de liste de pratiques et de substances autorisées pour l'élaboration de ce vin. En attendant une telle réglementation, seules des mentions telles que « vin produit à partir de raisins de l'agriculture biologique » ou « vin issu de raisins de la production biologique » (ou mentions équivalentes), sont acceptables à condition que les matières premières utilisées soient bien biologiques. Par ailleurs, le logo AB ne peut être utilisé sur les bouteilles de vin qu'en rapport avec le raisin qui est certifié biologique. (Agriculture biologique. Site <http://www.bercy.gouv.fr/> consulté le 08/03/2012)

## **E. Conclusion**

Les denrées alimentaires commercialisées doivent respecter les limites maximales de résidus définies par substance active et par denrée. Les analyses menées par les laboratoires européens et français permettent de fournir au consommateur des produits qui ne présentent pas de risque inacceptable pour sa santé. Avec l'importance que prend aujourd'hui l'Union européenne, il était important d'harmoniser la législation des LMR. D'autre part, une réflexion sur la limitation des usages et la réduction des impacts sur l'environnement des produits phytosanitaires doit s'accompagner d'une connaissance des utilisations et des impacts de ses produits. Il ne faut pas confondre réduction des utilisations et réductions des impacts. En ce qui concerne la production de denrées alimentaires, il faut développer la recherche sur des méthodes de lutte sanitaire moins polluantes, limitant les risques de résidus et sur les risques toxicologiques liés à l'emploi de ses produits. La demande de sécurité alimentaire est actuellement un impératif pour la population. Le sujet est très sensible et relayé par les médias. La sécurité alimentaire renvoie à la "malbouffe", à l'industrialisation alimentaire, et à l'uniformisation des goûts. Le consommateur cherche une alimentation sûre et de qualité, c'est pourquoi, il faut garantir la sécurité des aliments et la santé publique.

### **III. Les effets sur la santé des résidus de pesticides dans l'alimentation**

Les résidus de pesticides résultant de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques sont susceptibles d'avoir des effets nocifs sur la santé des consommateurs. À l'occasion de l'examen des Limites Maximales de Résidus (LMR) applicables aux pesticides, il convient d'être conscient de ce que seul un petit nombre de consommateurs connaît les risques liés aux pesticides. Il semble opportun de les en informer. (Site <http://europa.eu/> consulté le 22/01/2012)

Les risques sanitaires liés à l'exposition des personnes aux pesticides peuvent être liés à des intoxications aiguës des utilisateurs (absorption accidentelle du produit, contact cutané ou inhalation lors de la manipulation des produits ou lors de l'application du traitement). Les risques à long terme, quant à eux, sont plus difficiles à apprécier car liés à la consommation de doses très faibles mais répétitives, avec des effets de synergie possibles entre les différents pesticides. Des publications scientifiques récentes ont mis en évidence des liens entre l'utilisation de pesticides et des effets retardés sur la santé principalement dans le champ des cancers (leucémies notamment), des effets neurologiques et des troubles de la reproduction. Une exposition à de faibles doses pourrait donc avoir des conséquences sanitaires à long terme pour le consommateur.

#### **A. En aigu**

La toxicité aiguë des substances chimiques est évaluée à l'aide d'une série de tests réglementaires réalisés sur des animaux de laboratoire. La notion retenue est celle de la dose létale 50 (DL50) correspondant à la quantité de matière active qui, administrée en une seule fois, par ingestion, inhalation ou voie cutanée, entraîne la mort de 50% des animaux traités. Plus la DL50 est basse, plus le produit est dangereux. Des tests évaluant le pouvoir irritant ou corrosif ainsi que le potentiel sensibilisant de la substance sont également conduits. Pour évaluer les risques pour le consommateur, on fixe une Dose de Référence Aiguë (ARfD) qui détermine la dose de principe actif pouvant être ingérée sur une très courte période (une journée ou un seul repas) sans risque aigu pour le consommateur. On considère qu'il n'y a pas de risque si le Dose Journalière Aiguë (DJA) est dépassée sur de courtes périodes. Mais la possibilité d'effets aigus continue à être étudiée, notamment les effets neuro-toxiques. Il est inutile de fixer une ARfD s'il n'y a pas de résidus ou une faible toxicité par contre les experts peuvent fixer une ARfD si une forte toxicité aiguë existe. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Les risques sanitaires liés à l'exposition des personnes aux pesticides peuvent être liés à des intoxications aiguës, ceci est très peu probable *via* les résidus de pesticides dans l'alimentation, c'est surtout la conséquence des pesticides purs.

En cas d'intoxication aiguë, les principaux organes cibles sont le système nerveux central, le foie et les glandes surrénales. Les produits les plus souvent incriminés sont : les fongicides, puis les insecticides, et les herbicides. (Bulletin d'information de la MSA, 2010)

A court terme et en cas de faible contact, des symptômes peu spécifiques et sans conséquences autres que du désagrément peuvent apparaître. Mais des manifestations plus importantes peuvent se développer : irritations cutanéomuqueuses (brûlures, eczéma), réactions allergiques cutanées ou oculaires, vomissements, toux, gêne respiratoire, migraine ou bien apparition de symptômes pouvant traduire l'atteinte d'un ou plusieurs organes ou systèmes : foie, rein, système nerveux central, etc. On parle alors d'effets systémiques. L'intoxication massive peut, elle, avoir des conséquences graves, parfois mortelles. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Les centres anti-poison et de toxicovigilance (Cap-Tv) recueillent un grand nombre d'intoxications par les pesticides. Elles représentent, selon les centres, de 3 à 8% de leur activité soit 5 000 à 10 000 cas annuels en France. Les jeunes enfants sont fréquemment victimes d'intoxications par les pesticides, à la suite d'ingestions accidentelles ou après contact cutané ou oculaire. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 22/01/2012)

Selon la Mutualité Sociale Agricole (MSA), les intoxications des agriculteurs et des ouvriers agricoles liées à la manipulation de pesticides se font principalement : par contact direct de la peau et des muqueuses, par inhalation, en respirant les poussières ou les vapeurs de produit, ou par ingestion, en portant les doigts à la bouche (en fumant une cigarette ou en mangeant un sandwich...). (CCMSA, 2005)

L'EFSA a publié des évaluations des effets à court terme suite à l'exposition du consommateur pour neuf produits alimentaires de base (haricots, carottes, concombres, mandarines, oranges, poires, pommes de terre, riz et épinards), analysés en vertu du programme de surveillance coordonné de l'Union Européenne. (EFSA Journal, 2010) L'évaluation était basée sur le pire des scénarios: les données de consommation pour des individus qui mangent une portion importante de l'aliment étudié ont été combinées avec les résidus les plus élevés mesurés dans le programme. Afin de tenir compte d'une éventuelle répartition non homogène des résidus dans un lot d'aliments analysés, un facteur de variabilité a été introduit. En supposant une coïncidence des événements : la consommation alimentaire élevée, la concentration des résidus élevée et une distribution des résidus non homogène dans un lot, un risque potentiel pour le consommateur ne pouvait pas être exclu pour 35 combinaisons pesticides/produits. Les dépassements les plus probables de la valeur de référence toxicologique ont été démontrés pour la combinaison diméthoate/ométhoate sur les pommes de terre et les épinards (10 763% et 2 938% de la Dose de référence aiguë (DRfA), respectivement), le méthiocarbe sur les concombres (2 519%), la combinaison diméthoate/ométhoate sur les poires (1 730%) et méthomyl/thiodicarbe sur les oranges (1 644%). Pour tous ces cas, la sous-population la plus à risque était les enfants. Cependant, les événements les plus à risque dans les calculs d'évaluation des risques aigus ont été considérés comme très peu probables, compte tenu de la concentration critique des résidus et de la fréquence extrême de consommation. Pour onze des combinaisons pesticides/produits pour lesquels une situation critique ne pouvait être exclue, les actions de gestion des risques ont déjà été prises par le retrait des autorisations ou en abaissant les LMR. (EFSA Journal, 2010)

## **B. A long terme**

La toxicité à moyen et long terme d'une substance chimique est évaluée par expérimentation sur des animaux de laboratoire. La substance étudiée est administrée par voie orale, cutanée ou par inhalation chez différentes espèces. Des examens approfondis au niveau hématologique, biochimique et histologique sont effectués pendant les expériences. Au terme de ces études, une dose sans effet observable (NOAEL) peut être fixée. Elle correspond à la dose maximale n'entraînant pas d'effet adverse statistiquement significatif par rapport au groupe témoin chez les espèces testées (au moins deux mammifères). Afin de transposer ces valeurs à l'homme des facteurs de sécurité sont appliqués aux valeurs de la NOAEL obtenues expérimentalement chez l'espèce la plus sensible. Pour les effets très sévères (par exemple, les risques de cancers) on applique un facteur pouvant aller jusqu'à 1000. Le potentiel cancérigène ainsi que les effets sur la reproduction (études sur la fertilité et sur le développement) peuvent ainsi être étudiés.

La mutagenèse est une modification permanente et transmissible de l'ADN, elle peut toucher les cellules somatiques ou les cellules germinales. Un pesticide, ses métabolites ou une molécule avec un potentiel oxydant peuvent entraîner des lésions de l'ADN ou perturber la mitose cellulaire. Les tests de mutagénicité et de génotoxicité peuvent étudier les mutations géniques ou les anomalies chromosomiques. La directive 91/414/CEE a fixé une série de tests requis pour évaluer ces effets et classer les substances en référence aux mutations dans les cellules germinales. D'autre part, cette même directive fixe des tests de cancérogenèse ; effectués sur deux espèces de rongeurs, ses tests étudient pendant la vie entière de l'animal l'augmentation de l'incidence tumorale et la diminution du délai de latence pour l'apparition d'effets cancérigènes.

La toxicité sur la reproduction est une étude multi-génération qui utilise la voie orale, elle comprend aussi des études sur les risques tératogènes liés à l'exposition à la substance chimique. La fertilité ainsi que le développement pré et post natal sont étudiés.

Depuis quelques années, le développement de méthodes faisant appel aux techniques de biologie moléculaire, a permis de s'affranchir de certaines expérimentations animales. On peut ainsi déterminer, en première approche, le potentiel mutagène d'une substance par un test *in vitro*, le test d'Ames ; autre exemple plusieurs tests *in vitro* permettant de mesurer le pouvoir «oestrogénique» d'une substance ont été mis au point.

Les études en laboratoire permettent donc de déterminer les risques pour l'opérateur et le consommateur. Les risques pour le consommateur sont acceptables si l'exposition reste inférieure à la Dose Journalière Acceptable (DJA) pour toutes les catégories de consommateurs.

Les effets à long terme des résidus de pesticides dans l'alimentation restent mal connus d'autant qu'ils se mêlent à ceux de nombreux autres polluants.

### **1. Les effets cancérigènes**

Les pesticides sont retrouvés dans tous les compartiments de l'environnement et peuvent en conséquence conduire à une exposition de la population générale par les aliments, l'eau de boisson, l'air intérieur et extérieur et les poussières de la maison.

La relation entre une exposition, à faible dose à un agent environnemental, et un effet cancérigène est difficile à déterminer chez l'homme. En effet, pour un grand nombre de facteurs cancérigènes débattus, l'exposition observée, est, d'une part à des niveaux très faibles, et d'autre part, la durée des expositions pour lesquelles on dispose de données fiables est limitée. Il existe un long délai entre l'exposition à un pesticide potentiellement cancérigène et la survenue d'un cancer (de quelques années à quelques dizaines d'années), ce qui signifie que certains cancers actuels pourraient être le résultat d'expositions anciennes remontant aux années 1950 à 1980. (Qu'est ce que le cancer ? Site <http://www.ligue-cancer.net/> consulté le 26/02/2012)

Des études montrent que de nombreux pesticides sont présents dans les matrices biologiques humaines (sang, urines, sang du cordon, lait, graisse sous-cutanée). (ANSES, 2010) Les risques sanitaires liés à ces contaminations à long terme et à faibles doses sont discutés et les données disponibles sont souvent parcellaires voire divergentes.

D'une façon générale, la plupart des études souffrent d'imprécisions sur l'exposition aux pesticides, souvent réduite à la notion d'utilisation ou non de grandes familles de pesticides.

La réalité de l'exposition en milieu agricole est complexe, du fait de la diversité des secteurs, des cultures, des tâches et du matériel utilisé. Les expositions professionnelles aux pesticides ont été plus particulièrement mises en cause dans les hémopathies malignes lymphoïdes. (Clavel, 2010) Des études en populations agricoles suggèrent leur implication dans les tumeurs cérébrales et dans les cancers hormono-dépendants (cancers de la prostate, du sein, des testicules, de l'ovaire). (Baldi et Lebailly, 2007)

Chez l'enfant, l'utilisation domestique de pesticides, notamment d'insecticides domestiques, par la mère pendant la grossesse et pendant l'enfance a été régulièrement associée aux leucémies et, à un moindre degré, aux tumeurs cérébrales. (Bard et Coll., 2005)

En milieu professionnel comme dans la population générale, la reconstitution historique des expositions, souvent le seul moyen de réaliser l'étude, est difficile et sujette au biais de mémoire si elle est réalisée par questionnaire.

### **a) Classifications des agents cancérigènes**

Plusieurs classifications basées sur des critères scientifiques existent au niveau international.

#### - Classification du CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer)

Les « Monographies sur l'évaluation des risques de cancérogénicité pour l'homme » du CIRC identifient les facteurs environnementaux susceptibles d'accroître le risque de cancer chez l'homme (produits chimiques, mélanges complexes, expositions professionnelles, agents physiques et biologiques, et facteurs comportementaux). Le CIRC classe les agents, mélanges et expositions évalués en quatre catégories : le groupe 1 (qui compte actuellement 107 agents) est celui des cancérigènes avérés pour l'être humain. Le groupe 2 est divisé en deux : groupe 2A (59 agents) qui est celui des cancérigènes probables pour l'être humain et groupe 2B (266 agents) qui est celui des cancérigènes possibles pour l'être humain.

Le groupe 3, très souvent présenté comme non cancérigène de façon abusive, est celui des agents (508) inclassables quant à leur cancérogénicité pour l'être humain. Enfin, un groupe 4 (1 seul composé, le caprolactame) est celui des agents probablement non cancérigènes pour l'être humain. (Site <http://monographs.iarc.fr/> consulté le 19/01/2012)

L'expertise du CIRC est basée sur l'examen de toutes les données scientifiques disponibles. Une revue de ces données est publiée régulièrement sous forme de monographies, qui attestent de l'ensemble des connaissances établies sur la cancérogénicité des agents examinés. Le classement dans l'une des catégories est provisoire, et une monographie plus récente peut modifier une monographie plus ancienne.

Par exemple, l'application professionnelle d'insecticides non arsenicaux est classée cancérigène probable (2A) par le CIRC. L'arsenic est classé comme cancérigène certain, le captafol et le dibromure d'éthylène comme cancérigènes probables et le DDT est classé comme cancérigène possible (2B). (Guespereau, 2009)

#### - Classification de l'Union européenne dans le cadre de la Directive 67/548/CE

Elle est basée sur des critères scientifiques, mais tient compte de données socio-économiques.

Les critères et la procédure de classification ont été renouvelés par la directive 2009/2/CE du 15 janvier 2009.

Dans le cadre du règlement européen REACH (1907/2006/EEC), chaque État membre peut proposer une classification et un étiquetage harmonisés de substances chimiques. La proposition peut aussi provenir directement de l'industrie ou de l'Agence Européenne des Produits Chimiques (ECHA) à la demande de la Commission Européenne. Le Comité d'évaluation des risques de l'ECHA donne un avis consultatif sur la proposition. Cet avis est soumis à la Commission Européenne qui prend la décision finale.

Les produits ou substances sont classés en trois catégories :

- La première catégorie (1A) regroupe les produits ou substances qui sont considérés comme cancérigènes pour l'homme. Le classement dans cette catégorie repose sur des données épidémiologiques qui prouvent l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition et l'apparition d'un cancer.
- La deuxième catégorie (1B) regroupe les produits ou substances qui sont supposés être des cancérigènes pour l'homme. La présomption que l'exposition de l'homme à de tels produits ou substances peut provoquer un cancer est forte.
- La troisième catégorie (2) regroupe ceux qui sont préoccupants pour l'homme en raison des effets cancérigènes suspectés. Ils sont eux mêmes classés en deux sous-catégories : les produits ou substances suffisamment étudiés, et les produits ou substances insuffisamment étudiés. La classification de ces derniers est provisoire en attendant les résultats des études complémentaires.

#### **b) Mécanismes d'action cancérigène et effets aux faibles doses**

Les produits chimiques sont définis comme cancérigènes s'ils induisent des tumeurs, une augmentation de leur incidence et/ou de leur caractère malin, ou s'ils diminuent la durée de leur apparition.

Une cellule cancéreuse est un clone cellulaire qui échappe aux lois de proliférations habituelles. Tout cancer provient d'une cellule unique qui aura subi une mutation. Elle aura alors acquis une capacité de reproduction au delà des contraintes normales du tissu d'origine et elle pourra coloniser des territoires tissulaires réservés à d'autres cellules grâce à son pouvoir invasif et à l'activation de l'angiogenèse. D'autre part, dans ce processus, il y a aussi intervention de mécanismes agissant sur la réparation de l'ADN, la division cellulaire, et l'apoptose.

Les agents cancérigènes sont conventionnellement divisés en deux catégories selon leur mode d'action supposé. Le mode d'action génotoxique concerne des altérations génétiques provoquées par une interaction directe du produit avec l'ADN, conduisant à un changement dans la séquence primaire de celui-ci, à un remaniement localisé de la séquence nucléotidique. Le mode d'action non génotoxique inclut des changements épigénétiques, c'est-à-dire des effets qui n'impliquent pas des altérations de l'ADN, mais qui influencent l'expression génique, la communication entre cellules ou d'autres facteurs du processus cancérigène (induction d'un stress cellulaire par exemple).

Une fois qu'un produit a été identifié comme cancérigène, il est nécessaire d'élucider son mode d'action, pour déterminer s'il s'agit d'un génotoxique direct ou non. Pour les cancérigènes génotoxiques, sauf exception, il n'existerait pas de dose seuil mesurable, et leur toxicité pourrait s'exercer pour de très faibles doses. Cette toxicité s'exprime le plus souvent avec un temps de latence (entre le début de l'exposition et la manifestation de l'effet cancérigène) très long. Pour les cancérigènes non génotoxiques, il est généralement admis l'existence d'une dose en dessous de laquelle les effets ne sont pas observables, on parle alors d'une toxicité à seuil de dose.

Cette distinction entre cancérigènes génotoxiques et cancérigènes non génotoxiques, encore largement utilisée, tend à disparaître car les données récentes montrent que ces mécanismes sont souvent intriqués et peuvent s'exercer pour un même agent simultanément ou consécutivement. La conclusion concernant le mode d'action dépend en fait des résultats de tests de mutagénicité et d'autres études mécanistiques. Par ailleurs, les études chez l'animal peuvent aussi apporter des informations sur le mode d'action cancérigène. Chaque étape de la cancérogenèse est gouvernée par des facteurs multiples : la génétique de l'individu, son environnement et son mode de vie. En conséquence, toutes les données pertinentes concernant les effets et les informations sur les conditions d'exposition humaines sont évaluées. (Qu'est ce que le cancer? Site <http://www.ligue-cancer.net/> consulté le 26/02/2012)

### **c) Exemple de cancers suspectés d'être induits par les pesticides.**

Définir l'impact sur la santé de l'exposition à des pesticides, à faible dose, via l'alimentation est une question récurrente depuis que des études épidémiologiques ont montré que cela pouvait augmenter le risque de pathologies et notamment le risque de cancers hématopoïétiques.

Une étude, parue en janvier 2010, a recherché les effets, sur le système hématopoïétique de souris, de l'administration de six pesticides couramment utilisés pour traiter les fruits et légumes en France (alachlor, captan, diazinon, endosulfan, maneb et mancozeb). Ces pesticides ont été administrés pendant quatre semaines à la dose journalière acceptable (DJA) pour les humains rapportée au poids des souris.

Cette étude a montré que le traitement induisait une variation du taux de métabolites hépatiques impliqués dans le stress oxydatif et dans la régulation du métabolisme du glucose. De plus, l'exposition à de faibles doses de pesticides induit des modifications significatives de l'hémogramme avec des anomalies dans les lignées des granulocytes et des monocytes. (Merhi et Coll., 2010)

En ce qui concerne le captan, qui est un fongicide contre certaines maladies fongiques des fruits, légumes, fleurs, gazons et cultures ornementales, et un traitement du sol contre certaines pourritures des semences et la fonte des semis ; chez la souris, la base de données Carcinogenic Potency Database (CPDB) rapporte que le Captan induit des cancers au niveau de l'intestin grêle. Chez le rat, il induit des tumeurs hépatiques chez le mâle et des cancers hépatiques chez la femelle. Cette base de données étudie les articles publiés sur les tests menés sur des animaux concernant le développement de cancers. La CPDB rassemble les résultats de 6 540 études concernant 1 547 substances chimiques. L'état des connaissances actuelles montre que les produits chimiques qui induisent des tumeurs chez les rongeurs sont potentiellement des agents carcinogènes pour l'homme. (The Carcinogenic Potency Project. Site <http://potency.berkeley.edu/chemnameindex.html> consulté le 05/01/2012) (Gold et Coll., 2001)

Par ailleurs, une méta-analyse réalisée en 2007 a montré qu'une longue période d'exposition professionnelle (plus de 10 ans) aux pesticides induisait une augmentation du risque de cancer hématopoïétique d'un facteur 2,18 et les risques de cancer non Hodgkiniens d'un facteur de 1,65.

Le problème majeur qui limite les études et l'obtention de résultats significatifs c'est le manque de données suffisantes à propos de l'exposition et des autres facteurs de risque pour les cancers hématopoïétiques (prédisposition génétique, origines ethniques, immunodépression, etc.). (Merhi et Coll., 2007)

Les expositions professionnelles aux pesticides ont été plus particulièrement mises en cause dans les hémopathies malignes lymphoïdes. Des études dans la population agricole suggèrent également leur implication dans les tumeurs cérébrales et dans les cancers hormono-dépendants (cancers de la prostate, du sein, de l'ovaire), constituant des pistes de recherche solides. Des éléments plus imprécis concernent le cancer des testicules et de la thyroïde. L'exposition domestique aux pesticides, notamment les insecticides pendant la grossesse et durant la petite enfance, a été associée aux leucémies et à un moindre degré, aux tumeurs cérébrales de l'enfant. Au total, à l'exception du mésothéliome, le rôle des pesticides est ainsi débattu à différents degrés pour de nombreux types de cancers. (Brosselin et El Yamani, 2006)

#### **d) Étude de l'incidence des cancers de l'estomac suite à la consommation d'eau contaminée par de l'atrazine**

Une étude menée au Canada, entre 1987 et 1991, a cherché les effets sur la santé que pourrait avoir la consommation d'eau contaminée par de l'atrazine. Cette molécule est utilisée comme matière active dans les produits phytosanitaires pour obtenir un effet herbicide. Elle a été interdite dans l'Union Européenne dans les années 2000 notamment parce qu'on retrouvait des concentrations élevées en matière active et en métabolites dans les eaux de boisson sans que l'absence de risque de développer un cancer n'ait été prouvée. Dans l'étude canadienne, l'association de l'incidence de cancers de l'estomac a été associée positivement avec la consommation d'eau de boisson contenant de l'atrazine. (Van Leeuwen et Coll., 1999)

## **e) Conclusion sur les effets cancérogènes**

Selon les chercheurs, le lien entre pesticides et cancers reste aujourd'hui encore très difficile à établir en raison du très grand nombre de produits présents sur le marché ou qui ont été interdits, et de la difficulté à caractériser précisément les expositions. Il faut également noter que la composition des produits commerciaux évolue régulièrement, rendant complexe la prise en compte des effets des différents adjuvants.

Par ailleurs, le manque de contrôle des modalités d'application des produits phytosanitaires sur les cultures, ainsi que de l'utilisation des équipements de protection des applicateurs sont soulignés. Selon plusieurs spécialistes, les autorisations d'utilisation de certains produits ne tiennent pas suffisamment compte de la durée de demi-vie des substances dans l'environnement, des effets de certains de leurs métabolites, des effets de leurs mélanges avec d'autres substances ou avec les adjuvants utilisés (solvants...).

Cependant la problématique liée aux risques possibles que représente les résidus de pesticides dans l'alimentation ne doit pas occulter le fait que manger des fruits et légumes a très souvent un effet protecteur sur le développement de cancers. Les effets protecteurs de la consommation de fruits et légumes sont plus forts notamment en ce qui concerne les cancers hormonaux-dépendants comme les cancers du sein et de la prostate. (Gold et Coll., L.S., 2001) Ainsi, il est recommandé, selon le programme National Nutrition Santé, de consommer au moins cinq portions de fruits et légumes par jour, en sachant qu'une portion équivaut à la taille d'un poing.

## **2. Les effets de type perturbateurs endocriniens**

### **a) Introduction**

La question de la perturbation endocrinienne liée à des substances présentes dans l'environnement a émergé dans les années 1960 aux Etats-Unis. Les recherches scientifiques sur ce phénomène se sont amplifiées dans les années 1990. C'est notamment à cette époque qu'ont été publiées plusieurs études sur le déclin de la qualité du sperme, l'augmentation de la fréquence du cancer du testicule et de certaines anomalies du développement du tractus génital, ainsi que l'augmentation de l'incidence de certaines pathologies hormono-dépendantes chez les humains. Simultanément, des anomalies du système reproducteur de diverses espèces aquatiques (poissons, mollusques, amphibiens) ont été observées, en relation avec des contaminations de ces milieux par des polluants chimiques. Des travaux plus fondamentaux, *in vivo* et *in vitro*, ont permis de commencer à déchiffrer les mécanismes par lesquels certains xénobiotiques peuvent interagir avec le système endocrinien. Les substances à l'origine de ces perturbations biologiques sont communément désignées sous le terme de « Perturbateurs Endocriniens ».

## b) Définitions

### - Les hormones dans l'organisme

Le système endocrinien relève d'un mode complexe de communication et de régulation entre un messenger chimique endogène et les cibles sur lesquelles il peut agir afin de modifier certaines fonctions de l'organisme.

Le système endocrinien est constitué d'hormones et de glandes qui produisent ces hormones. En se liant à des récepteurs cellulaires, les hormones peuvent déclencher des réactions très spécifiques et ainsi réguler le développement foetal, la croissance, la reproduction et aussi le comportement. Il est présent chez presque tous les animaux : les mammifères, les vertébrés et les invertébrés (gastéropodes, insectes, crustacés).

Fonctions	Hormones	Réponses
Reproduction	Androgènes, œstrogènes, progestérone, hormones hypophysaires (LH, FSH, prolactine)	Action sur la reproduction et les caractères sexuels, la lactation et la gestation.
Croissance et développement	Hormone de croissance, hormones thyroïdiennes, insuline, glucocorticoïdes, androgènes, progestérone, œstrogènes	Large action sur la croissance.
Maintien de l'environnement interne	Vasopressine, aldostérone, hormone parathyroïdienne et prostaglandine	Contrôle du volume et de la pression. Régulation du calcium. Contrôle des os, des muscles et de la graisse.
Disponibilité énergétique	Insuline, glucagon, hormones thyroïdiennes	Régulation du métabolisme.

**Tableau II : Hormones et rôles dans l'organisme** (Rapport du comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable. 2003)

### - Qu'est-ce qu'un perturbateur endocrinien ?

L'Union Européenne a adopté en 1999 la définition suivante : "**un perturbateur endocrinien est une substance ou un mélange exogène altérant les fonctions du système endocrinien et induisant donc des effets nocifs sur la santé d'un organisme intact, de ses descendants ou sous-populations**". L'effet du perturbateur endocrinien n'est pas obligatoirement un effet toxique. C'est un changement fonctionnel du système endocrinien qui est susceptible de conduire à un effet toxique. Cet effet apparaît uniquement si le système de régulation homéostatique est dépassé. (Programme national de recherche sur les perturbateurs endocriniens. Site <http://www.pnrpe.fr/> consulté le 11/03/2012)

### **c) Mode d'action des perturbateurs endocriniens**

On définit un perturbateur endocrinien par son mécanisme d'action, il agit par exemple sur la synthèse, le stockage, la libération des hormones ou comme agoniste ou antagoniste de l'hormone. Il peut limiter l'action de l'hormone naturelle, bloquer les récepteurs des hormones, ou modifier la concentration des hormones en agissant sur leur synthèse, leur métabolisme. Connaissant les divers effets des hormones naturelles dans l'organisme, on sait maintenant que les perturbateurs endocriniens ne sont pas seulement des substances susceptibles d'affecter la reproduction mais aussi d'autres fonctions.

### **d) Diversité des perturbateurs endocriniens**

Les substances qui ont des effets potentiellement perturbateurs endocriniens peuvent avoir deux origines distinctes : naturelle ou anthropique.

Un certain nombre de perturbateurs endocriniens tels que les hormones stéroïdiennes sont communs aux humains, aux animaux et aux végétaux (phyto-œstrogènes présents par exemple dans la luzerne ou le colza et qui, une fois ingérés dans l'organisme, ont une activité semblable aux œstrogènes naturels). Ils sont produits par les vertébrés et les invertébrés et il existe des récepteurs d'œstrogènes chez les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Un effet de type perturbation endocrinien peut donc exister à différents niveaux de la flore. (Rapport du comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable, 2003)

Le groupe des substances anthropiques suspectées d'avoir un effet de type perturbateur endocrinien comprend les produits destinés à être utilisés par l'industrie (produits d'entretiens), par l'agriculture (les pesticides) ou encore des biens de consommation (additifs des plastiques par exemple). (Rapport du comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable, 2003)

Parmi les pesticides, on retrouve l'aldrine et la dieldrine qui forment une liaison avec le récepteur des œstrogènes ; le DDT est suspecté d'avoir des effets de type œstrogéniques, tout comme l'endosulfan. Le DDE et le linuron, un herbicide dérivé de l'urée, et les métabolites de la vinclozoline ont eux une activité anti-androgènes. Aujourd'hui, la fabrication ou la commercialisation de ces substances indésirables est interdite ou très réglementée dans le monde occidental. Néanmoins, leur grande résistance à la dégradation et l'utilisation de pesticides organochlorés dans certains pays tropicaux ou subtropicaux expliquent qu'ils sont toujours détectés dans les denrées, même si les concentrations sont globalement en constante diminution depuis les vingt dernières années. Outre le fait qu'il s'agit de composés toxiques, leur persistance, leur caractère lipophile et leur capacité à s'accumuler dans les différents maillons de la chaîne alimentaire peuvent se traduire par des niveaux de concentration élevés dans certains aliments tels que les poissons gras. (Cravedi et Coll., 2007)

Dans l'eau, la principale source de perturbateurs endocriniens est constituée par des rejets humains (hormones de synthèses utilisées à des fins contraceptives ou médicales). (Rapport du comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable, 2003)

**e) Diversité des effets des perturbateurs endocriniens sur l'organisme humain**

La majeure partie des perturbateurs endocriniens décrits sont des substances ayant des effets œstrogéniques, comprenant les molécules capables de mimer l'effet du 17 $\beta$ -œstradiol. Mais les structures chimiques impliquées sont parfois très différentes de celle de l'œstradiol, ce qui signifie qu'il n'est pas possible d'identifier un perturbateur endocrinien sur la base de sa structure chimique. Il est donc nécessaire de procéder à des tests *in vivo* et *in vitro* pour mesurer l'activité œstrogénique ou éventuellement anti-œstrogénique.

Il y a très peu de certitudes quant à l'impact des perturbateurs endocriniens sur la santé humaine. En raison du peu de données disponibles, l'implication éventuelle des perturbateurs endocriniens dans l'augmentation de l'incidence du cancer du sein, des troubles de la reproduction, du fonctionnement thyroïdien, voire de l'endométriose, et de pubertés précoces chez la fillette reste hypothétique.

D'autre part, la détérioration de la santé reproductive masculine est au centre des préoccupations relevant des relations perturbateur endocrinien-santé humaine. Cette détérioration repose sur un triptyque associant la dégradation de la qualité du sperme, l'augmentation de l'incidence du cancer du testicule et l'augmentation d'anomalies du tractus génital masculin.

**f) Méthodes de détection des propriétés de perturbateur endocrinien d'une substance**

L'observation des données épidémiologiques et expérimentales a mis l'accent sur la nécessité de détecter la présence de produits responsables de ces perturbations de la reproduction. La persistance de substances chimiques dans notre environnement et l'ensemble des effets observés sur la reproduction en font une question de santé publique.

Des tests en laboratoire *in vivo* et *in vitro* ont donc été mis au point pour détecter la présence des perturbateurs endocriniens.

Beaucoup de perturbateurs endocriniens ont des effets œstrogéniques *in vivo*, mais d'autres seulement *in vitro*, ou *vice et versa*. Il convient donc d'interpréter avec réserve les effets *in vitro* non confirmés *in vivo*.

**- Méthodes *in vivo***

- Essai utérin chez le rongeur :

Le rat de laboratoire est l'animal utilisé *in vivo* pour les essais de toxicité sur le développement et la reproduction. Ces tests évaluent l'effet hormonal des substances. Il existe par exemple le test utérotrophique : une stimulation ou une inhibition de l'activité œstrogénique, est recherchée grâce au travail sur un rat femelle adulte, ovariectomisé ou sur le rat prépubère (plus sensible). Le produit étudié est injecté par voie sous-cutanée ou par voie orale ; le quatrième jour l'utérus est pesé. Si le poids de l'utérus a augmenté, cela signifie que le produit testé a une activité œstrogénique. L'activité mitotique de l'utérus, l'épaisseur de l'épithélium vaginal ou la modification du cycle utéral peuvent également être étudiées.

- Synthèse de la vitellogénine chez les poissons juvéniles ou mâles :

Le test est réalisé sur des truites exposées à un milieu contenant le produit à tester. La vitellogénine, précurseur du blanc d'œuf chez les animaux ovipares, est synthétisée par le foie en réponse à une stimulation œstrogénique du gène de la vitellogénine. Elle est donc utilisée comme biomarqueur d'exposition à des substances œstrogéniques. Le sang des poissons est prélevé pour un dosage de la vitellogénine par un test ELISA.

#### - Méthodes *in vitro*

Les tests *in vivo* posant des problèmes de coût, d'éthique, de réalisation et de quantification, des tests *in vitro* ont été mis au point.

Ces méthodes comprennent des études :

- biochimiques : - activité enzymatique ;
  - liaison du ligand au récepteur ;
  - liaison d'un co-activateur ;
- cellulaires : - prolifération cellulaire ;
  - expression de gènes naturels ;
  - expression de gènes rapporteurs (gènes qui ont été insérés dans l'ADN).

Les avantages des tests *in vitro* sont : un bon rapport coût-efficacité, une rapidité de réalisation, une reproductibilité, une capacité à traiter un grand nombre d'échantillons et une indication du mécanisme d'action du perturbateur endocrinien. Le principal inconvénient des tests *in vitro* est qu'ils ne prennent pas en compte la distribution, le métabolisme et l'excrétion des perturbateurs endocriniens. Ceci peut expliquer pourquoi *in vitro*, certains perturbateurs endocriniens induisent une réponse positive, alors que cet effet hormonal ne se retrouve pas quelquefois *in vivo*.

Un des points rendant difficile les études est la complexité de la comparaison entre l'effet de l'hormone naturelle et l'effet spécifique du perturbateur endocrinien. Notamment parce qu'il y a une différence dans les résultats des essais sur un récepteur hormonal isolé et un système hormonal fonctionnel. Les essais *in vivo* sont donc nécessaires dans toute batterie de tests. De plus, les résultats des tests sont différents selon le système *in vivo* étudié ; il y a une différence inter-animaux et inter-organes. Enfin, il est difficile de déterminer des concentrations actives.

Il est possible que des substances, qui interfèrent expérimentalement avec le système hormonal, soient suspectées d'être des perturbateurs endocriniens sans que leurs effets sur la santé aient été identifiés ou démontrés. Il s'agit par exemple des hormonomimétiques de synthèse, des substances utilisées dans l'industrie des matières plastiques, ainsi que de substances d'origine animale ou végétale. Des altérations de la santé peuvent aussi être observées, elles pourraient avoir pour origine des perturbations endocriniennes sans qu'un produit précis puisse être identifié. (Rapport du comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable, 2003)

### **g) Pesticides à effets de type " perturbateurs endocriniens " suspectés**

Plusieurs pesticides, parmi lesquels des insecticides (DDT, endosulfan, dieldrine, methoxychlore, dicofol, chlordécone, toxaphène), des nématocides (aldicarbe), des herbicides (alachlore, atrazine, nitroféne), des fongicides (benomyl, mancozeb, vinchlozoline) figurent sur la liste des substances suspectées d'avoir des effets de type perturbateurs endocriniens. De nombreuses études ont recherché une association éventuelle entre l'exposition à certains pesticides et leurs effets sur la reproduction, en particulier la fertilité masculine. Les plus probantes sont celles qui concernent le 1,3-dibromo-3-chloropropane (DBCP) et la chlordécone. Le premier est un nématocide qui n'est plus autorisé, mais dont l'utilisation entre 1960 et 1970 chez des ouvriers de bananeraies dans les pays des zones tropicales et subtropicales, a entraînée une altération de la qualité du sperme, une baisse de la fertilité, une augmentation du taux de FSH et du rapport testostérone/hormones gonadotropes, ces anomalies étaient souvent irréversibles. Ces observations de toxicité testiculaire ont entraîné la suspicion des pesticides en tant qu'agents susceptibles de porter atteinte à la fertilité masculine. (Slutsky et Coll., 1999) Toutefois, la preuve du caractère perturbateur endocrinien du DBCP n'est toujours pas établie.

D'autre part, une baisse significative du nombre de spermatozoïdes et de leur mobilité a été observée chez des ouvriers ou des rats exposés à la chlorodécone. (Multigner, 2007)

### **h) Exemple de l'exposition à la chlordécone**

La chlordécone est un insecticide organochloré reconnu comme un polluant organique persistant. Produit et commercialisé aux USA, depuis 1958 jusqu'en 1976, il a été utilisé principalement à l'exportation pour un usage dans des cultures tropicales aux Caraïbes et en Amérique Centrale. La molécule a été interdite aux USA (en 1976), en raison d'une intoxication par exposition en milieu industriel. La licence de production a été rachetée par une compagnie française au début des années 1980. A partir de cette date, la chlordécone formulé sous le nom de Curlone a été exportée vers les Antilles françaises et employée pour lutter contre le charançon du bananier. L'emploi de la chlordécone a été autorisé aux Antilles jusqu'en 1993.

La principale source d'information concernant les effets des expositions à la chlordécone sur la santé humaine provient de l'observation des conséquences entraînées par la fabrication de cette molécule aux États Unis dans l'usine de Hopewell (État de Virginie) entre 1966 et 1975. Des conditions déplorables d'hygiène et l'absence de mesures élémentaires de sécurité ont entraîné une exposition des employés de l'usine et, dans une moindre mesure, de la population de Hopewell. Parmi les employés, plus de la moitié ont développé un syndrome toxique neurologique. Une hépatomégalie sans retentissement biologique majeur ainsi qu'une oligo-asthénospermie ont été observées chez les employés les plus fortement exposés. La présence ainsi que la sévérité du tableau clinique étaient corrélées à la concentration en chlordécone dans le sang. (Faroon et Coll., 1995)

La chlordécone, insecticide organochloré, agit sur les fibres nerveuses et modifie l'influx nerveux. La molécule persiste dans l'environnement et est capable de se concentrer dans les organismes vivants. L'utilisation de la chlordécone aux Antilles a entraîné une pollution environnementale persistante.

Déjà mise en évidence en 1980, la pollution n'a été prise sérieusement en considération qu'à partir de 1999. Cette pollution se traduit actuellement par une contamination significative :

- des milieux naturels : eaux de surface, eaux profondes, eaux de consommation, sols, sédiments côtiers, faune et flore ;
- des denrées alimentaires locales : légumes racines, viandes, poissons, crustacés.

Des études récentes effectuées chez des hommes adultes, des femmes enceintes et des nouveau-nés montrent que la chlordécone est le produit organochloré le plus souvent observé dans les échantillons sanguins et de surcroît à la concentration la plus élevée. Il est détectable dans le sang chez 90% des hommes et femmes adultes (jusqu'à 100 ng/ml, valeur maximale observée chez un ouvrier agricole d'une bananeraie). (Multigner, 2008) La chlordécone a des propriétés œstrogéniques, elle induit des troubles de la fertilité masculine. (Multigner, 2007)

Des études ont montré qu'il existe une association :

- entre l'exposition au pesticide et la mort du fœtus après 3 à 8 semaines,
- entre l'exposition au pesticide et la diminution des capacités motrices des enfants,
- entre l'exposition au pesticide et la diminution du quotient intellectuel (QI) et des capacités de lecture.

D'autres phénomènes ont été observés, mais le lien de cause à effet n'a pas encore été confirmé :

- une augmentation de la fréquence de certains cancers (cancer des testicules, de la prostate, du sein),
- un abaissement de l'âge de la puberté,
- des baisses du nombre de spermatozoïdes,
- de nombreuses malformations d'organes reproducteurs,
- des cryptorchidies (mauvaise position testiculaire),
- des malformations de l'urètre (hypospadias),
- des perturbations de la fonction thyroïdienne,
- des altérations du système immunitaire,
- des troubles intellectuels. (Multigner et Coll., 2010)

Afin de mieux surveiller les effets de la chlordécone et pour tenter de réduire l'exposition à ce pesticide, un plan d'action " chlordécone " a été mis en place depuis 2008 en Martinique et en Guadeloupe. Dans ce cadre, des études sont menées afin de mieux connaître la contamination de l'environnement et l'état de santé des populations. L'exposition à la chlordécone des populations aux Antilles a été évaluée en 2009, le rapport de l'Institut de Veille Sanitaire a expliqué que les données d'exposition déterminées dans le sang des populations antillaises se situent largement en dessous de celles ayant entraîné à Hopewell des troubles objectifs de santé et que ces données sont d'un ordre de grandeur similaire à celles constatées dans la population résidente de Hopewell. (Rapport Institut de Veille Sanitaire, 2009)

### **i) Exemple du DDE chez les animaux**

Le DDE (dichlorodiphényléthylène) est un produit de dégradation de l'insecticide DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) qui a une activité androgène. Une exposition peut entraîner un amincissement des coquilles d'oiseaux. Ainsi une diminution de la population de rapaces a pu être observée. Cet effet a notamment été constaté en

Amérique du Nord et en Europe.

L'exposition pendant le développement induit l'hermaphrodisme chez le goéland mâle. Des anomalies de développement et/ou de fonctionnement des organes sexuels chez les alligators en Floride ont également été observées.

Les observations d'animaux exposés, pendant l'organogenèse, à des perturbateurs endocriniens, et notamment des pesticides, montrent une augmentation de l'incidence des malformations de l'appareil génital mâle, des néoplasmes et une diminution de la qualité du sperme. D'autres effets ont également été observés comme par exemple une altération de la reproduction entre mâles et femelles, des modifications du comportement, une augmentation des cas d'obésité, de cancers de la prostate, de la thyroïde. (Soto et Sonnenschein, 2010)

#### **j) Exemple des perchlorates**

Les anions perchlorates ont pour formule  $\text{ClO}_4^-$  et sont disponibles commercialement sous la forme de divers sels. Ils se retrouvent de façon naturelle dans des régions arides ainsi que dans certains dépôts de minerais comportant une grande quantité de nitrates. Ces minerais, présents en grande quantité au Chili, sont utilisés pour faire des engrais commercialisés à grande échelle. Les perchlorates sont également utilisés sous forme de perchlorate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ ) en tant qu'oxydant dans les munitions d'armes à feu, les missiles, les roquettes et les feux d'artifice.

Les utilisations diverses des perchlorates expliquent en partie comment ils se sont répandus dans la nature jusqu'à en devenir un problème environnemental important dans certaines régions du monde. Ils ont été détectés en 1997 dans plusieurs réserves d'eau dans l'ouest des États-Unis provoquant par la suite une véritable crise de l'eau potable. De nos jours, plusieurs autres régions du monde ont été répertoriées comme étant contaminées. (Srinivasan et Viraraghavan, 2009)

La présence des ions perchlorate dans l'environnement est problématique puisqu'ils peuvent occasionner des effets sur la santé humaine, même à faibles concentrations. Les perchlorates sont des inhibiteurs compétitifs intervenant dans le transport actif des ions iodures sanguins jusqu'à la thyroïde. (Site Santé Canada <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/perchlorate-fra.php> consulté le 11/03/2012) Cet effet inhibiteur est utilisé en médecine pour traiter l'hyperthyroïdie. Cependant, les hormones thyroïdiennes aident également à réguler le métabolisme et la croissance, d'où la nécessité de ne pas en perturber leur production.

Une trop grande quantité de perchlorate ingérée peut également provoquer l'hypothyroïdie. Les perturbations à long terme peuvent occasionner divers symptômes allant de la dépression jusqu'aux pertes de mémoire et aux douleurs musculaires. Ces effets sont à risque chez les personnes qui souffrent déjà d'hypothyroïdie ainsi que pour les femmes enceintes et les enfants. (Srinivasan et Viraraghavan, 2009)

Une étude réalisée chez des adultes a permis de déterminer que l'effet inhibiteur de la thyroïde sur l'absorption de l'iode contenue dans le sang est observé pour des concentrations supérieures à 0,7 microgramme de perchlorate absorbé par jour et par kilogramme de poids. Pour tenir compte des individus sensibles de la population ainsi que des diverses incertitudes de l'étude, il faut généralement diviser cette concentration par un facteur 10 pour établir la NOEL (la plus grande dose pour laquelle aucun effet n'est observé) ce qui équivaut à 0,7  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

En utilisant le poids moyen d'un individu (70 kg) et la consommation d'eau moyenne (2 L/jour), l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis nommée EPA («Environmental Protection Agency») a déterminé que le DWEL (« Drinking Water Equivalent Level» ou le niveau équivalent en eau bue) du perchlorate correspondant à 0,7 µg/kg/jour était de 24,5 ppb. (U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, 2002)

L'anion perchlorate est très soluble dans l'eau et il peut donc se propager rapidement dans l'environnement *via* les eaux de surfaces et les eaux souterraines. De plus, les ions perchlorates pourraient s'accumuler dans les plantes, qui peuvent donc être considérées comme une seconde source de contamination. Les plantes en bordure des eaux de surfaces sont celles qui ont la plus grande probabilité d'être exposées. (Jackson et Coll., 2005)

Une étude récente effectuée sur des concombres, des laitues et des plants de soja tend à montrer que ces légumes peuvent accumuler respectivement jusqu'à 41,780 et 18 ppm de perchlorate à partir d'un sol sablonneux et en présence d'engrais. Cette forte capacité qu'ont les laitues d'accumuler les perchlorates dans leurs feuilles a soulevé bien des questionnements quant au niveau d'exposition des humains qui en consomment. En effet, environ 90% de la laitue consommée aux États-Unis durant l'hiver provient de la zone avoisinant le bas de la rivière du Colorado, une rivière contaminée par les perchlorates avec des concentrations de 1,5 à 8 ppb et dont l'eau est utilisée pour l'irrigation des laitues.

Cette quantité de perchlorate disponible pour être absorbée par les laitues s'ajoute parfois à celle contenue dans les engrais utilisés pour les faire croître. (Sanchez et Coll., 2005)

Dans l'organisme humain, le perchlorate diminue l'absorption de l'iode (sous forme iodure) dans la glande thyroïde. Il s'agit d'une inhibition compétitive et réversible de la pompe, spécifique et sélective aux ions iodures, présente à la surface de la glande. Le perchlorate affecte aussi d'autres tissus où la pompe est présente, la glande mammaire, le placenta, la peau ou encore le tractus gastro-intestinal. La présence de perchlorate diminue la synthèse d'hormones circulantes et diminue le transfert au fœtus chez la femme enceinte. Or ces hormones jouent un rôle essentiel pour le développement neurologique *in utero*. Cependant le mode d'action identifié a un effet seuil et n'apparaît qu'à de fortes doses. En définitive, il a été mis en évidence qu'une exposition au perchlorate de bas niveau chez les femmes durant le premier trimestre de la grossesse n'entraîne pas d'altération de la fonction thyroïdienne. (Site <http://reseau-environnement-sante.fr/> consulté le 11/03/2012) (Srinivasan et Viraraghavan, 2009)

**k) Exposition pendant la grossesse et conséquences sur le fœtus.**  
**Exposition via le lait maternel**

- Étude de l'effet d'un mélange de pesticides

Les effets de l'exposition périnatale à un mélange de pesticides organophosphorés chez des rats ont été recherchés par une équipe chinoise. (Yang et Coll., 2011) Trois pesticides organophosphorés, utilisés comme insecticides et acaricides ont été étudiés :

- le Malathion et le Dichlorovos (interdits en France dans les années 2000)
- le Dimethoate encore utilisé dans le traitement des oliviers ou des cerisiers contre des mouches.

Individuellement, ces trois pesticides, ne provoquent pas d'effets sur le système reproducteur. Dans l'étude, le mélange contenant les trois pesticides a été administré par gavage chez des rats. Les résultats ont montré que l'exposition au mélange de pesticides organophosphorés peut être plus préjudiciable à l'endomètre maternel et aux fonctions de reproduction de la progéniture que l'exposition aux organophosphorés pris individuellement. En effet, des hyperplasies de l'endomètre et un épaississement des parois utérines ont été observés chez les mères exposées. Il a été constaté une augmentation des fœtus morts-nés et les nouveau-nés vivants présentaient un retard mental et physique. (Yang et Coll., 2011)

- Étude des effets de la présence de pesticides dans le lait maternel

Une étude chinoise en 2008 a cherché la corrélation entre les apports alimentaires et les concentrations dans le lait maternel de Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) et de ses métabolites. Le DDT est un insecticide moderne développé au début de la seconde guerre mondiale. Il a été utilisé dans la lutte contre les poux, le typhus et le paludisme puis interdit dans certains pays suite à des cas de suspicions d'effets nocifs sur l'environnement, touchant notamment les oiseaux. Le DDT est un polluant organique persistant avec une demi-vie évaluée entre deux et quinze ans, il se fixe dans de nombreux sols et se concentre dans les systèmes biologiques, principalement les graisses. Il est classé comme peut-être cancérigène pour l'homme (classe 2b du CRIC, centre international de recherche sur le cancer).

L'équipe de chercheurs a analysé des prélèvements de lait maternel provenant de 76 femmes et des échantillons d'aliments couvrant les principales catégories d'aliments. A partir d'informations sur les habitudes alimentaires de la population choisie, il a été calculé les apports alimentaires de DDT des participants sur une base individuelle. Les femmes provenaient soit de Beijing, soit de Shenyang. Les apports journaliers calculés en DDT pour les deux groupes sont respectivement de 32,0+/-14,2ng/kg/jour et 27,9+/-11,3 ng/kg/jour. Cette équipe a montré une corrélation significative entre les apports journaliers en DDT et les concentrations retrouvées dans le lait maternel, l'apport alimentaire pourrait ainsi expliquer 22% de la variation du DDT dans le lait maternel. En plus de l'exposition alimentaire, il a également été constaté que l'indice de masse corporelle de la mère, le poids corporel, la taille, et l'âge de la mère ont largement contribué à la variation du DDT dans le lait maternel après la normalisation d'admission. Le résultat d'une évaluation probabiliste du risque a indiqué que l'exposition des nourrissons au DDT par l'allaitement serait une préoccupation de santé publique pour les années à venir, bien que l'allaitement maternel soit toujours recommandé. (Tao et Coll. 2008)

### - Vinclozoline, génistéine et hypospadias

La vinclozoline et la génistéine sont deux perturbateurs endocriniens pouvant se trouver associés dans l'alimentation humaine. La génistéine est un phyto-œstrogène présent dans les légumineuses et le soja, et la vinclozoline est un contaminant alimentaire, fongicide avec des propriétés anti-androgéniques. Ces molécules exercent des effets sur le développement, l'intégrité et la fonction de certains organes (organes reproducteurs, glande mammaire) mais aussi sur le comportement.

La vinclozoline augmente le risque d'hypospadias chez la souris et le rat. On peut la retrouver en même temps que la génistéine dans l'alimentation comme un résidu sur les aliments exposés. La génistéine peut aussi causer des hypospadias chez la souris. Une équipe de chercheurs américains a étudié l'interaction des expositions quotidiennes à la génistéine et la vinclozoline et leurs effets sur l'incidence de l'hypospadias. Dans cette étude, des souris gravides (treize à dix-sept jours de gestation) ont été nourries avec un régime sans soja par gavage oral avec 0,17 mg/kg/jour de génistéine, 10 mg/kg/jour de vinclozoline, ou l'association génistéine et vinclozoline (aux mêmes doses), le tout dans 100 microlitres d'huile de maïs. Les souris témoins ont reçu le véhicule, l'huile de maïs. Les fœtus mâles ont été examinés à dix-neuf jour de gestation pour chercher des hypospadias, à la fois macroscopiquement et histologiquement. Les résultats ne montrent aucun cas d'hypospadias dans le groupe témoin nourri à l'huile de maïs. L'incidence d'hypospadias a été de 25% avec la génistéine seule, 42% avec la vinclozoline seule, et 41% avec le mélange génistéine et vinclozoline. Ces résultats confortent l'idée que l'exposition à ces composés pendant la gestation pourrait contribuer au développement d'hypospadias. (Vilela et Coll., 2007)

Le placenta humain n'est pas une barrière impénétrable aux xénobiotiques ; l'exposition de la mère peut avoir des effets inattendus sur la progéniture, même plusieurs décennies plus tard. Il apparaît de plus en plus évident que les périodes pré- et post-natales constituent des fenêtres critiques d'exposition, pouvant expliquer des effets délétères des perturbateurs endocriniens observés à partir de la puberté. La sensibilité de l'embryon et du fœtus à des perturbateurs endocriniens susceptibles de traverser la barrière placentaire est mise en avant pour expliquer la toxicité avérée ou supposée de nombreux xénobiotiques.

#### **I) Conclusions et perspectives concernant l'effet perturbateur endocrinien**

Le fait que le système endocrinien soit indispensable au maintien des équilibres biologiques nécessaires à la vie explique que l'on s'interroge beaucoup aujourd'hui sur les conséquences d'une éventuelle rupture de cet équilibre par les contaminants de l'environnement. Hormis le cas du distilbène, des pesticides comme le DDT ou la chlordécone sont connus comme facteurs d'infertilité chez l'homme, le mode d'action relevant probablement d'une perturbation endocrinienne, il existe encore peu de données fiables établissant un lien entre perturbateur endocrinien et santé humaine. Il faut aussi noter que même pour des produits tels que le distilbène et les pesticides cités, il s'agit de situations d'exposition difficilement extrapolables à l'ensemble de la population.

Néanmoins, la problématique des faibles doses, telle qu'elle apparaît aujourd'hui avec le bisphenol A, ou le fait que certains mélanges de perturbateurs endocriniens soient toxiques alors que pris individuellement et aux mêmes doses, chacun des composés ne l'est pas, incite à la vigilance. Le règlement européen REACH du 18 décembre 2006 caractérise les substances possédant des propriétés perturbant le système endocrinien comme extrêmement préoccupantes et susceptibles à ce titre de faire l'objet de mesures de gestion spécifiques.

En France, le Ministère de l'écologie et du développement durable dispose d'un certain nombre de conseils et comités nationaux, dont le comité de prévention et de précaution qui publie des rapports afin d'informer la population de l'avancée des connaissances concernant les perturbateurs endocriniens. Ce même Ministère a aussi lancé en 2005 un Programme National de Recherche sur des Perturbateurs Endocriniens (PNRPE). Ce programme a pour objectif de soutenir des recherches fondamentales et appliquées sur les questions de perturbation endocrinienne. Le programme lance des appels à propositions de recherche et présente le bilan des recherches.

### **3. Lien entre résidus de pesticides et maladies neurologiques**

Pour certains pesticides, la neurotoxicité est le mécanisme même de leur mode d'action (inhibition de l'activité acetylcholinestérasique). Les effets aigus survenant à doses importantes chez les hommes (agriculteurs) sont maintenant assez bien documentés notamment en raison des intoxications accidentelles et volontaires (tentatives de suicide).

Concernant les effets chroniques dus aux expositions de faible importance répétées, sur une longue durée, aucun consensus n'existe. Les principaux effets chroniques observés sont les neuropathies périphériques, les troubles neurodégénératifs tels que la maladie de Parkinson et les troubles neuro-comportementaux. (Comité de la prévention et de la précaution, 2002) Ces troubles incluent des retards de l'apprentissage de la lecture, l'autisme, une hyper-activité et des troubles émotionnels (Bjørning-Poulsen et Coll., 2008)

Les maladies neurodégénératives telles que la maladie d'Alzheimer et la maladie de Parkinson ont des causes diverses, encore méconnues (vieillesse, terrain génétique, traumatismes répétés...). (Site <http://www.info-pesticides.org/> consulté le 11/03/2012)

#### **a) Maladie de Parkinson**

La maladie de Parkinson est l'une des maladies neurodégénératives les plus communes, notamment chez les personnes de plus de 65 ans. Bien que les symptômes soient bien caractérisés, l'étiologie de cette pathologie n'est pas totalement élucidée, mais elle est susceptible d'impliquer des facteurs génétiques et environnementaux.

##### **- La maladie :**

La maladie de Parkinson est une maladie neurologique chronique dégénérative affectant le système nerveux central responsable de troubles essentiellement moteurs d'évolution progressive.

Elle se caractérise par trois signes moteurs : rigidité, tremblements de repos et akinésie. Ceci est dû à une destruction progressive des neurones dopaminergiques de la substance noire du *locus niger*. (Dossier Maladie de Parkinson. Site <http://www.inserm.fr/> consulté le 11/03/2012)

#### - Prévalence :

La maladie de Parkinson touche près d'1% de la population de plus de 65 ans. Les hommes sont légèrement plus touchés que les femmes. La maladie débute en général vers 55-60 ans. Et le pic de fréquence se situe autour de 70 ans. (Dossier Maladie de Parkinson. Site <http://www.inserm.fr/> consulté le 11/03/2012) 15% des patients ont des antécédents familiaux. On compte environ 100 000 malades en France, et 8 000 nouveaux cas se déclarent chaque année.

#### - Étiologie :

L'origine de la maladie est diverse et complexe. Ainsi le rôle des facteurs environnementaux est étudié. Des virus, des agents toxiques tels que l'exposition aux pesticides, la fumée de cigarette, pourraient déclencher une cascade de réactions entraînant la destruction des neurones dopaminergiques de la substance noire causant la maladie de Parkinson. Il pourrait aussi exister une origine génétique, plusieurs gènes responsables de maladies de Parkinson sporadiques ainsi que des formes familiales ont été identifiés et des études montrent une composante génétique. 15 à 20% des maladies de Parkinson sont familiales. Bien que les facteurs génétiques contribuent certainement à la vulnérabilité vis-à-vis de la maladie, le facteur de risque le plus important pour la maladie de Parkinson est l'âge. Cela va de paire avec l'idée qu'une exposition chronique à de faibles doses de toxiques entraîne une cascade de réaction amenant éventuellement à développer la maladie.

D'autre part, il existe des preuves des effets protecteurs du tabagisme et de café, mais les mécanismes biologiques de ces relations sont mal compris. L'acide urique semble également être associé à un risque plus faible de développement de la maladie de Parkinson. (Wirdefeldt et Coll., 2011)

#### - Rôle des pesticides :

Les preuves qu'un ou plusieurs pesticides augmentent le risque de maladie de Parkinson sont souvent évoquées, mais des recherches complémentaires sont nécessaires pour identifier des composés spécifiques qui peuvent jouer un rôle causal.

Certains pesticides agissent grâce à des effets neurotoxiques. Les insecticides qui agissent au niveau du système nerveux des insectes, sont aussi responsables d'effets neurotoxiques chez les mammifères. Cette famille de produits chimiques inclut notamment les organophosphorés, les carbamates, les pyréthriinoïdes, les organochlorés. Les organochlorés seraient les premiers responsables (risque jusqu'à 2,4 fois plus élevé que la normale). (Wang et Coll., 2011) Ces insecticides interfèrent avec les composés chimiques responsables de la neurotransmission et ainsi créent des effets toxiques réversibles qui peuvent néanmoins être létaux. Certains herbicides et fongicides ont aussi montré des propriétés neurotoxiques. Les effets des pesticides sur le système nerveux peuvent entraîner une toxicité aiguë mais, ils contribuent aussi à des effets délétères chroniques entraînant par exemple le développement de la maladie de Parkinson. (Costa et Coll., 2008)

Cependant, bien qu'il y ait des suspicions d'effets neurotoxiques, peu de tests sont pratiqués lors de l'évaluation des mélanges commerciaux avant leur mise sur le marché. Des modèles d'essai sont validés mais ils sont considérés comme onéreux et sont peu utilisés. Selon la directive 91-414-EEC de l'Union Européenne, un test de neurotoxicité est requis seulement pour les organophosphorés et certains carbamates, pour rechercher une neurotoxicité périphérique suite à une exposition aiguë. (Bjørning-Poulsen et Coll., 2008)

L'exposition aux pesticides augmenterait le risque de développer la maladie de près de 70% : 5% des personnes exposées aux pesticides risqueraient de développer la maladie contre 3% pour la population générale. (Ascherio et Coll., 2006)

Cette maladie est effectivement plus fréquente en milieu rural qu'en milieu urbain. Ainsi le risque pourrait être plus important en cas d'exposition à certains pesticides, tels que la roténone. Un modèle animal chez le rat, confirme la responsabilité de ce produit dans la constitution d'un syndrome parkinsonien. Une étude de Betarbet et Coll. (2000) montre que l'administration chronique, intraveineuse de roténone chez le rat entraîne des effets qui sont très proches de la maladie de Parkinson chez l'homme. Ainsi, les rats présentent par exemple une instabilité posturale et une bradykinésie. Et l'observation histologique montre une destruction progressive du système dopaminergique nigrostrié. La roténone cause des dégâts au niveau cérébral car elle est capable de traverser la paroi cellulaire. Ce pesticide agirait préférentiellement sur les neurones dopaminergiques à cause de leur sensibilité au stress oxydatif car le métabolisme de la dopamine génère de nombreux radicaux libres. (Giasson et Lee, 2000).

En l'état actuel des connaissances, il est impossible d'établir un lien avéré de causalité avec les produits phytosanitaires. Cependant une étude réalisée par l'INSERM (Elbaz et Coll. 2009) montre qu'une exposition aux insecticides organochlorés, augmenterait le risque de survenue de la maladie de Parkinson chez les agriculteurs.

En France, la Sécurité Sociale a reconnu en 2006 un cas de maladie de Parkinson comme maladie professionnelle pour un ancien salarié d'une grande exploitation agricole. Malade depuis 1998, cet ancien directeur pense que sa maladie a un rapport avec son contact régulier avec les pesticides. Après plusieurs demandes, le tribunal des affaires de la sécurité sociale de Bourges établi de façon officielle le lien entre pesticides et Parkinson. (Brève de l'AFP reprise par le journal Le monde (16/06/2009)) Un décret publié le 6 mai 2012, inscrit la maladie de Parkinson comme une maladie professionnelle, ouvrant ainsi le droit à une indemnisation pour les malades.

La possibilité de troubles neuropsychiques induits par l'exposition professionnelle répétée aux pesticides a été évoquée dès les débuts de leur emploi, les insecticides étant à cet égard les plus suspects. Ainsi, les organophosphorés induisent une diminution des performances cognitives chez les travailleurs victimes d'intoxications répétées. Mais la mise en évidence épidémiologique d'une neurotoxicité à long terme des produits phytosanitaires se heurte à d'importantes difficultés méthodologiques, en raison de la nature même des maladies neurodégénératives. Celles-ci sont relativement rares, touchent des sujets âgés ou très âgés la durée de la période de latence est inconnue et les outils diagnostiques sont de sensibilité et spécificité variables (reposant sur l'anatomopathologie, le diagnostic de certitude est rarement obtenu du vivant du sujet).

L'évaluation rétrospective de l'exposition, particulièrement difficile dans ce contexte, est de ce fait souvent très sommaire : dans certaines études, elle se limite à la question : « avez-vous déjà été exposé à un produit phytosanitaire ? » Actuellement, l'essentiel de la recherche épidémiologique se concentre sur la maladie de Parkinson, mode d'expression le plus fréquent - après la maladie d'Alzheimer - des maladies neurodégénératives.

#### - La fin du Paraquat

Le Tribunal de première instance des Communautés Européennes a annulé le 10 juillet 2007 la directive de l'Union Européenne datant de 2003 autorisant l'herbicide paraquat de la multinationale suisse Syngenta. En août 2007, le Ministre de l'Agriculture et de la Pêche, Michel Barnier, a retiré l'autorisation de mise sur le marché du paraquat en France. (Le Paraquat retiré du marché français. Site <http://www.artac.info/> consulté le 02/02/2012) Le paraquat est une substance dangereuse qui entre dans la composition de l'un des trois désherbants les plus utilisés au monde. Il agit comme herbicide. Il détruit les parties vertes de la plante en desséchant le feuillage. Il est utilisé sur plus de cinquante variétés de cultures dans plus de 120 pays et était commercialisé sous la forme d'herbicide depuis une soixantaine d'années. Le tribunal a annulé cette directive car il a constaté plusieurs irrégularités dans la procédure d'autorisation du pesticide et notamment que la décision d'autorisation n'avait pas suffisamment tenu compte du lien entre l'herbicide et la maladie de Parkinson. (Les pesticides, attention danger! Site <http://www.france5.fr/> consulté le 02/02/2012) En effet, une exposition prolongée au paraquat augmenterait le risque de développer la maladie de Parkinson. (L'affaire Paraquat. Site <http://www.evb.ch/> consulté le 02/02/2012)

#### **b) Les effets neurotoxiques**

Les troubles du système nerveux incluent des difficultés d'apprentissage de la lecture, des troubles de l'attention, l'autisme, des retards de développement émotionnels et des troubles du comportement. Les causes de ces perturbations ne sont pas encore totalement élucidées, il y aurait une interaction entre des facteurs génétiques, environnementaux et sociaux qui entraînerait un développement anormal au niveau cérébral. Les études relatives aux troubles neurocomportementaux et psychiques ainsi que celles portant sur les maladies neurodégénératives se focalisent principalement sur les populations professionnelles en particulier agricoles ainsi que les populations rurales.

Les travaux relatifs au neurodéveloppement des enfants ont trait à la fois à des populations issues de zones rurales, agricoles mais aussi urbaines. Les données expérimentales mentionnées dans les différents articles concernent principalement les mécanismes en lien avec les pathologies neurodégénératives. Certains pesticides présenteraient une toxicité pour les neurones dopaminergiques et plusieurs mécanismes variés sont proposés tels que le stress oxydatif, ou les perturbations enzymatiques. Ainsi, la roténone, la dieldrine, le paraquat et le maneb induiraient sélectivement une destruction de ce type de neurones. Ils pourraient aussi induire des interférences dans les mécanismes de régulation de neurotransmetteurs comme l'acétylcholine.

Dans l'étude effectuée par Rothlein et Coll. (2006) les scores de performances cognitives et psychomotrices sont inversement associés aux niveaux d'expositions des salariés agricoles, mesurés *via* les prélèvements urinaires. Les travaux réalisés par Kamel et Coll. (2007), montrent une association positive entre la survenue de symptômes neurologiques et l'exposition aux pesticides chez les applicateurs n'ayant jamais subi d'épisodes d'intoxication aiguë. Les produits impliqués concernent principalement les insecticides et les fongicides. Les associations les plus prononcées sont liées aux expositions aux organochlorés et organophosphorés ainsi qu'aux méthodes d'application les plus exposantes en pesticides (pulvérisateurs). Les études relatives à l'impact des expositions aux pesticides sur le neurodéveloppement des enfants sont peu nombreuses. Néanmoins, selon Jurewicz et Rosas (2008) les données épidémiologiques récentes indiquent que les expositions des enfants aux pesticides sont associées à des déficits du développement neurocomportemental. (Jurewicz et Hanke, 2008) (Rosas et Eskenazi, 2008) Plus précisément, les études convergent vers une implication des expositions périnatales ou pendant l'enfance aux organophosphorés. Chez les nouveau-nés, ces effets se manifestent par une augmentation des anomalies de réflexes néonataux alors que chez les enfants plus âgés, les études indiquent un déficit du développement mental et une augmentation des troubles du comportement (difficultés de mémorisation, d'attention, diminution un temps de réaction, ou retards mentaux). (PRSE Bretagne, 2010)

#### - Les insecticides organophosphorés

La cible principale des insecticides organophosphorés est l'enzyme acétylcholinestérase. Cette enzyme hydrolyse, dans le système nerveux central et périphérique, l'acétylcholine, un neurotransmetteur. L'inhibition de l'acétylcholine est irréversible, et entraîne une accumulation du neurotransmetteur au niveau des synapses cholinergiques, entraînant une hyper stimulation des récepteurs nicotiques et muscariniques, bloquant les fonctions habituelles de l'acétylcholine dans le cerveau.

En cas d'empoisonnement massif à l'acétylcholine, un syndrome cholinergique apparaît, il se caractérise par de forts maux de tête, une confusion, des troubles de la vision, des troubles du langage, une ataxie, et peut conduire à des convulsions, au coma et à un arrêt respiratoire.

Ce syndrome est observé seulement pour des intoxications aiguës à de fortes doses de pesticides organophosphorés. Certaines lésions peuvent être irréversibles et entraîner des effets à long terme. La question se pose des effets sur la santé d'une exposition chronique à faible dose à ces pesticides. Ainsi, une étude concernant des travailleurs agricoles immigrés et d'origine hispanique a montré que les symptômes neurologiques étaient associés à une exposition cumulative à des niveaux modérés d'organophosphorés, indépendamment de l'exposition récente. Les travailleurs montraient de moins bonnes performances neuro-comportementales que les migrants hispaniques qui faisaient une autre activité. (Bjørning-Poulsen et Coll., 2008)

### **c) Conclusion**

Les résultats de nombreuses études présentent l'hypothèse de causes multifactorielles avec des facteurs environnementaux modulant une susceptibilité génétique. (Wirdefeldt et Coll., 2011) Les données épidémiologiques tendent à démontrer le rôle perturbateur des pesticides sur le processus de neurodéveloppement en particulier pour des expositions pendant la grossesse. Pour l'ensemble des études relatives aux expositions aux organochlorés, l'exposition aux pesticides est significativement associée à des scores plus faibles aux tests cognitifs (difficultés de mémoire ou d'attention). Ainsi, les données actuelles semblent suffisantes pour envisager des mesures préventives auprès des enfants et des femmes enceintes, vis-à-vis des expositions aux pesticides. (PRSE Bretagne, 2010) Les auteurs soulignent l'importance de l'éducation des utilisateurs à un meilleur usage des produits et à la mise en place de mesures de protection. Il faut également continuer l'effort de recherche pour évaluer l'effet à long terme des produits phytosanitaires. (Site <http://www.info-pesticides.org/> consulté le 11/03/2012)

### **4. Conclusion sur les effets à long terme**

Des effets cancérigènes, neurotoxiques ou de type perturbateurs endocriniens des pesticides ont été mis en évidence chez l'animal. La question des risques pour l'homme (applicateurs de pesticides et leurs familles, ruraux non agricoles exposés, consommateurs) est donc posée.

Si des progrès considérables ont été accomplis dans la détection et le dosage des résidus de pesticides (méthodes de séparation et d'identification plus performantes, etc.), des insuffisances subsistent en termes d'échantillonnage et d'extraction à partir des prélèvements, ce qui ne permet pas de connaître avec exactitude les niveaux de contamination des différentes matrices environnementales. Le terme générique "pesticides" regroupe ainsi un grand nombre de composés aux usages variés et de familles chimiques très différentes qui conduisent à des effets toxicologiques différents. Il faut également noter que les produits que l'on ajoute à la substance active pour en améliorer l'efficacité, peuvent également être à l'origine d'effets sur la santé. Ainsi, la synergie de plusieurs composés entre eux est encore mal documentée, et l'on ne sait pas aujourd'hui quels peuvent être les effets de tels «cocktails». De plus, la multiplicité des voies d'exposition nécessite de disposer d'informations sur les caractères propres aux molécules (pénétration, métabolisme...) et de données sur les populations (physiologie, budget espace-temps...) pour évaluer les expositions à partir des données de contamination des milieux. Ces éléments font défaut encore aujourd'hui.

L'opinion publique est très sensible à la problématique sanitaire liée à l'usage des pesticides. La question du rapport bénéfice/risque de l'utilisation des pesticides a ainsi été soulevée par certaines personnes auditionnées. Il existe un consensus pour agir dans le sens d'une réduction générale de l'exposition de la population aux pesticides, et notamment à ceux considérés comme étant les plus préoccupants, sans attendre des preuves scientifiques de leur nocivité.

### **a) Fenêtres d'exposition et effets transgénérationnels**

Plusieurs familles de substances toxiques peuvent avoir des effets qui se manifestent longtemps après l'exposition, parfois même sur les générations suivantes. Ces effets ont été mis en évidence en expérimentation animale et sur des populations humaines pour un certain nombre d'entre eux. Parmi eux, figurent plusieurs perturbateurs endocriniens et des agents cancérigènes avérés ou probables. Les expositions mises en cause sont le plus souvent à très faible dose et peuvent survenir tout au long de la vie, en commençant par la période foetale, voire pré-conceptionnelle. Il existe ainsi des périodes de fragilité, pendant lesquelles les capacités de défense et de détoxification de l'organisme sont insuffisantes, voire absentes ; il s'agit essentiellement, de certains stades du développement embryonnaire et lors de la petite enfance. De plus, lors de ces périodes d'exposition précoces, certaines modifications métaboliques peuvent être irréversibles. Ces périodes de fragilité constituent ainsi de véritables fenêtres d'exposition critique dont les effets ne sont généralement pas visibles sur le moment. Des modifications du génome sans altération de la séquence d'ADN (effets épigénétiques) qui peuvent perdurer sur plusieurs générations ont été observées après une exposition à des xénobiotiques. Des études récentes sur l'impact des perturbateurs hormonaux (dont les œstrogènes de synthèse, les xéno-œstrogènes et les phyto-œstrogènes) ont montré que ces modifications pouvaient provoquer des effets pathologiques dans la descendance non exposée d'individus ayant été exposés, et ce, même en dehors d'une grossesse. Ainsi, il est établi que l'exposition au Diéthylstilbestrol (DES) est en relation avec le « cancer à petites cellules » du vagin chez des femmes nées de mères exposées.

### **b) Risques liés aux mélanges de polluants**

#### *- Multi-expositions et interactions*

Il existe aujourd'hui un large consensus pour reconnaître l'existence d'un lien entre la survenue de certains cancers et l'environnement en général. Il n'en demeure pas moins qu'il est difficile d'établir, dans un grand nombre de cas, une relation de cause à effet entre l'exposition à un agent environnemental précis et la survenue du cancer. La plupart des cancers ont, en effet, des causes multiples et leur survenue dépend de plusieurs paramètres dont les facteurs environnementaux. Ainsi, il est maintenant bien établi que l'exposition simultanée au tabac et à l'amiante augmente très fortement la probabilité de survenue de mésothéliomes. Il en est de même pour l'exposition à l'alcool et le cancer du foie en lien avec les hépatites.

Parmi les facteurs les plus fréquemment évoqués, on peut citer la nature physico-chimique du composé, le niveau et la durée d'exposition, et la vulnérabilité des individus. Ce sont ces facteurs qui sont historiquement et habituellement repris dans les études toxicologiques.

Il existe néanmoins de nombreux autres facteurs et/ou paramètres beaucoup plus difficiles à quantifier expérimentalement, dont le rôle reste souvent méconnu. Parmi ces points, le problème des interactions entre facteurs est capital à appréhender dans la maîtrise du risque pour les populations. Nous savons peu de choses sur les effets des mélanges et sur les interactions entre les modes d'action des différents composés de l'environnement auxquels nous sommes exposés. Ce point est crucial, car, contrairement aux conditions expérimentales d'évaluation toxicologique, dans lesquelles les études sont réalisées sur un produit pur isolé, les populations sont systématiquement soumises à des pluri-expositions.

Les interactions entre différents polluants peuvent faire intervenir au niveau cellulaire différents mécanismes et se traduire par une réponse de l'organisme qui peut être simplement l'addition de leurs réponses individuelles, mais qui peut aussi être plus forte ou plus faible que celle attendue à partir des réponses individuelles. Plusieurs termes sont utilisés en pharmacologie et en toxicologie pour définir le type d'interaction :

- Un effet additif correspond à la situation dans laquelle l'effet combiné de deux agents chimiques est égal à la somme des effets de chaque composé considéré isolément (exemple d'additivité :  $2 + 3 = 5$ ).
- Un effet synergique correspond à la situation dans laquelle l'effet combiné de deux composés est supérieur à la somme des effets de chacun des composés pris isolément (exemple :  $2 + 2 = 20$ ).
- La potentialisation est la situation dans laquelle un composé n'a pas d'effet toxique avéré sur un organe ou système, mais son association avec un autre composé va conduire à un effet toxique beaucoup plus sévère de ce dernier (exemple :  $0+2 = 10$ ).
- L'antagonisme est la situation dans laquelle deux composés chimiques, administrés simultanément, interfèrent l'un avec l'autre, avec au final un effet moindre que celui attendu à partir des effets de chacun pris isolément (exemple :  $4 + 6 = 8$ ). Les effets antagonistes sont souvent recherchés et développés dans le domaine de la toxicologie clinique où ils sont à la base de nombreux antidotes.

La possibilité d'interactions entre polluants de l'environnement peut ainsi conduire à des effets multiples. C'est le cas pour certains contaminants qui sont souvent associés (pesticides et dioxines) ou dans le cas de contaminants associés à des particules (constituants de particules atmosphériques).

La notion d'association et d'interaction n'est pas limitée à la prise en considération de polluants chimiques. L'exposition de la population générale à un ou plusieurs agents chimiques et physiques, souvent à de faibles doses, peut être à l'origine de certains effets encore mal connus.

Ces pluri-expositions peuvent survenir au même moment et dans un même lieu, mais aussi à des moments et en des lieux différents. On peut citer les expositions dans l'environnement général et domestique, intérieur et extérieur, familial et professionnel. Dans ce domaine, les inégalités sociales et les nouveaux modes de vie (mobilité professionnelle, emploi précaire...) rendent nécessaire la prise en considération de ces facteurs dans les études.

Un des problèmes sur lesquels bute l'évaluation des risques basée sur les données toxicologiques est le manque d'études concernant les effets des mélanges de substances toxiques. Souvent, par défaut, il est considéré que l'effet des différentes molécules est additif. Il serait intéressant de soumettre les formulations commerciales aux mêmes essais que les matières actives. (Rapport du Comité de la prévention et de la précaution. 2002)

#### **IV. Présentation des alternatives développées pour limiter l'utilisation des pesticides et réduire leur présence dans l'alimentation**

La production et la consommation de produits d'origine végétale et animale jouent un rôle très important dans l'économie de l'Union Européenne. Le rendement de la production végétale est constamment perturbé par l'action d'organismes nuisibles. Il est essentiel de protéger les végétaux et les produits végétaux contre ces organismes, afin d'éviter une diminution du rendement ou un préjudice aux produits récoltés, de garantir la qualité des produits, et d'assurer une productivité élevée de l'agriculture. Différentes méthodes sont disponibles à cette fin : d'une part, les méthodes chimiques, telles que le recours aux produits phytosanitaires et, d'autre part, les méthodes non chimiques, les pratiques telles que le recours à des variétés résistantes, la rotation des cultures, le désherbage mécanique ou encore le contrôle biologique. La réduction généralisée de l'utilisation des pesticides en agriculture est nécessaire tant pour prévenir les risques sanitaires et environnementaux que pour des raisons commerciales ayant trait à l'image du produit aux yeux des consommateurs. Ces dernières décennies, la protection de l'environnement s'impose de plus en plus comme une préoccupation majeure. En utilisant moins de pesticides, on limite les résidus de ces produits dans le sol, l'eau et les aliments. Des initiatives sont menées afin de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires, certaines relèvent de choix personnels, d'autres viennent des pouvoirs publics qui interviennent à travers la réglementation et enfin d'autres sont mises en place par des opérateurs privés qui visent à valoriser une signature ou une marque afin de toucher une cible particulière de consommateurs.

Dans le domaine de l'agriculture, il est indéniable que l'expansion et la productivité agricole doivent dorénavant passer par une gestion optimale des insectes nuisibles et des mauvaises herbes en minimisant les effets sur l'environnement. Pour cela, il faut tout d'abord respecter la stricte application des doses homologuées. Les distributeurs de produits phytosanitaires doivent modifier leurs pratiques commerciales en abandonnant le système intéressement des agents commerciaux basé sur les volumes de vente. Et il serait intéressant de revoir certains points de la réglementation qui sont favorables à l'utilisation de pesticides, on pourrait par exemple revisiter les obligations de traitement (exemple contre la flavescence dorée) en intégrant l'évolution des techniques alternatives et les possibilités d'organisation collective. Ensuite, il faut développer des alternatives non chimiques, des solutions techniques et agronomiques telles que le choix variétal, la rotation des cultures, etc. De plus, il faut renforcer l'information des utilisateurs de pesticides à usage professionnel ou domestique, et la formation des professionnels. (Règlement pour la fixation de LMR. Site <http://europa.eu/> consulté le 26/01/2012) (Agence Française pour le Développement et la Promotion de l'Agriculture Biologique. Site <http://www.agencebio.org/> consulté le 26/01/2012)

## **A. Le Plan Ecophyto 2018**

(Site <http://agriculture.gouv.fr/ecophyto> consulté le 26/01/2012)

Le plan Ecophyto 2018 a été signé à la suite du Grenelle de l'Environnement. Il est piloté par le Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. Il reflète une volonté de réduire de 50% l'usage des pesticides au niveau national dans un délai de dix ans, tout en maintenant un niveau élevé de production agricole, tant en qualité qu'en quantité. Ce plan a été mis en place en 2008, et il est évalué tous les ans. Il anticipe une obligation européenne de la Directive Cadre sur l'utilisation durable des pesticides, qui prévoit que les États membres adoptent des plans d'action nationaux, en vue de réduire les risques et les effets de l'utilisation des pesticides et d'encourager l'élaboration et l'introduction de la lutte intégrée.

### **1. Indicateurs**

Pour suivre l'évolution des pratiques, le plan Ecophyto 2018 a choisi comme indicateur de référence au niveau national le Nombre de Doses Unités, le NODU. Cet indicateur rapporte la quantité vendue de chaque substance active à une dose unité qui lui est propre et permet d'apprécier l'intensité du recours aux produits phytosanitaires. Le NODU pondère la quantité vendue de chaque substance active par une dose qui lui est propre. Ainsi, il permet de mesurer une évolution du recours aux produits phytosanitaires indépendamment d'éventuelles substitutions de substances actives par de nouvelles substances efficaces à plus faibles doses. Le calcul du NODU est basé sur les données de ventes nationales de produits phytosanitaires transmises par les distributeurs dans le cadre de la déclaration au titre de la redevance pour pollution diffuse. Le NODU est complété par l'indicateur « Quantité de Substances Actives » (QSA) vendue en France. Les deux indicateurs sont calculés pour chaque année, mais leur évolution sera interprétée en moyenne triennale glissante afin de lisser les variations interannuelles. Un premier bilan a été arrêté en 2011, les résultats sont attendus.

En plus, un suivi sur le terrain par type de culture sera effectué, notamment grâce à l'Indicateur de Fréquence de Traitement, (IFT).

Afin de permettre une bonne interprétation de l'évolution du NODU, d'autres indicateurs sont étudiés, notamment agronomiques et socio-économiques. Par exemple, le NODU est analysé en étudiant en parallèle la pression parasitaire. Celle-ci est suivie dans le cadre du plan Ecophyto par des études de maladies ou ravageurs basées sur les observations du réseau d'épidémiologie-surveillance, des analyses de laboratoire et sur les retours d'informations de différents acteurs du milieu agricole. Elle reflète l'effet du climat de l'année dans un contexte agronomique donné pour une année donnée. Il faut souligner qu'au sein du territoire français des différences de pressions parasitaires importantes peuvent être observées, liées aux pratiques des agriculteurs, notamment les rotations, l'irrigation, la fertilisation, mais aussi aux différents types climatiques.

Des indicateurs de risque et d'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement et la santé sont par ailleurs en cours de mise en place.

Les pesticides sont classés selon le profil sanitaire et environnemental de leurs substances actives. Les catégories sont les suivantes : les substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR 1 ou 2, CMR 3), les substances très toxiques ou toxiques (t+ ou t), et les produits écotoxiques (N). Ainsi, entre 2008 et 2009, les substances classées CMR 1 ou 2 ont connu une baisse de 82%. Cette diminution est expliquée par le retrait des préparations contenant des substances actives préoccupantes et à la non inscription à la liste communautaire, en l'occurrence les substances fongicides Carbendazime et Dinocap. Cette évolution n'est pas flagrante pour les autres catégories de toxicité. Les substances classées t ou t+ n'ont pas beaucoup régressé. La classification de toxicité a évolué entre 2008 et 2009 : vingt-deux substances supplémentaires ont été considérées comme toxiques. Et, en janvier 2008, le ministre chargé de l'agriculture a retiré les autorisations de mise sur le marché des préparations contenant les trente substances considérées comme les plus préoccupantes. Ces trente substances entraînent dans la composition de plus de 1 500 préparations commerciales de produits phytosanitaires. Ainsi, même si onze substances classées t ou t+ ont été concernées par le retrait de préparations, la modification de la liste des substances classées a masqué, de fait, l'effet du retrait des préparations.

## **2. Formation et recherche**

Le plan Ecophyto a aussi pour vocation de former les agriculteurs aux méthodes existantes pour réduire l'usage des pesticides et pour sécuriser leur manipulation. En 2011, on comptait 140 000 agriculteurs ayant suivi une formation et obtenu leur diplôme Certiphyto (certificat individuel produit phytopharmaceutiques). D'ici 2014, le Certiphyto devrait être rendu obligatoire. De plus, un réseau de fermes pilotes (DEPHY) a été mis en place sur tout le territoire français. Ces agriculteurs sont engagés dans une démarche de réduction des pesticides. Ce réseau comptait 1 200 exploitations début 2011. Et plus de 3 000 bulletins de santé du végétal ont été publiés sur l'ensemble des régions. Ces bulletins, répertoriés par les réseaux d'épidémiologie-surveillance régional, sont accessibles gratuitement sur les sites Internet des directions régionales de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF). Ils aident les agriculteurs à mieux raisonner leurs interventions. (Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

### **B. L'agriculture raisonnée**

"Raisonner" l'emploi des pesticides consiste à fonder leur utilisation sur la nécessité objectivement mesurée d'en employer dans un contexte précis. La détermination d'un risque et le choix du produit le mieux adapté à une situation de risque donné impliquent pour les agriculteurs d'améliorer leurs capacités de diagnostic et d'identification des bio-agresseurs à combattre, mais aussi de disposer d'éléments d'informations permettant d'identifier les produits phytosanitaires susceptibles d'apporter une efficacité adaptée au risque.

L'agriculteur qui adhère à l'agriculture raisonnée peut choisir de réduire la fréquence des traitements ou il peut réduire les doses appliquées par unité de surface. De plus, le suivi des conditions météorologiques permet de prévoir l'évolution des bio-agresseurs ou l'efficacité d'un traitement.

En effet, des intervalles de conditions climatiques optimales pour chaque produit sont définis, en dehors desquels les traitements deviennent inutiles car inefficaces. Il faut par exemple éviter les traitements par vent trop fort, par hygrométrie trop faible, par température trop basse ou trop élevée selon le type de pesticide, ou lorsqu'un épisode pluvieux est prévu. La surveillance de ces facteurs accroît la proportion de produit qui atteint sa cible et s'y maintient, ils permettent donc de réduire les doses appliquées. La qualité du traitement dépend ainsi de la possibilité d'intervenir le moment voulu dans les meilleures conditions.

De plus, l'agriculture raisonnée s'emploie à prévenir l'apparition de résistance aux pesticides. Pour cela, il est conseillé d'alterner les substances actives dans le temps ou l'espace ; de limiter le nombre d'applications par matière active ou par famille ; et d'éviter les traitements répétés à dose très faible avec la même substance active.

Les obligations de moyens fixées à l'agriculteur dans le référentiel " Agriculture raisonnée " sont : une obligation d'information (abonnement à un journal et à un service de conseil technique indépendant de la commercialisation) et de formation, la réalisation d'observations sur des parcelles représentatives et l'enregistrement des pratiques de traitement.

Cependant, les engagements pris par les agriculteurs qui adhèrent à l'agriculture raisonnée, hormis l'enregistrement de leurs pratiques, ne vont guère au-delà du respect de la réglementation nationale et territoriale. Par exemple, l'engagement phare consiste à " n'utiliser que des produits bénéficiant d'une autorisation de mise sur le marché et autorisés pour les usages considérés, en respectant la dose homologuée ". (Aubertot et Coll., 2005)

### **C. Méthodes alternatives aux pesticides pour la protection des cultures**

La limitation du recours aux pesticides passe par une diversification des méthodes de lutte contre les bioagresseurs et la conception de systèmes de culture qui réduisent les risques phytosanitaires.

La lutte contre les bioagresseurs peut se faire par différents moyens : la lutte chimique qui consiste à utiliser des produits phytosanitaires est le moyen de lutte le plus utilisé aujourd'hui ; d'autres techniques telles que le contrôle génétique, qui consiste à utiliser des plantes sélectionnées pour leur résistance, leur tolérance ou leurs caractéristiques physiologiques et aussi la lutte biologique, qui utilise des organismes vivants pour prévenir ou réduire les dommages de récolte causés par des bioagresseurs (exemple du trichogramme sur le maïs) et le contrôle cultural sont développées pour réduire l'utilisation des pesticides. Cette dernière consiste à adapter le système de culture pour limiter les dommages causés par les bioagresseurs. Elle fait appel à des adaptations, des rotations, du travail du sol, de la date et de la densité de semis de ces cultures et à une gestion adaptée du travail du sol et de la fertilisation. Ce type de protection relève de la prophylaxie dans la mesure où il évite les conditions propices à la contamination des cultures par les bioagresseurs et à leur développement, plutôt que de lutter contre ces bioagresseurs une fois qu'ils sont présents dans la parcelle.

L'agriculteur peut également utiliser des techniques qui relèvent de la lutte physique. La définition de ce terme inclut l'utilisation de moyens thermiques, électromagnétiques ou pneumatiques, mais il s'agit surtout en grandes cultures de la mise en œuvre de moyens mécaniques pour le contrôle des bioagresseurs, c'est le cas du désherbage mécanique.

Les méthodes de gestion alternatives visent à mettre en œuvre un ensemble de moyens qui jouent sur différentes étapes du cycle des bioagresseurs et de la culture et concourent ainsi à limiter l'incidence des bioagresseurs, leur développement et la contamination de la culture. On entend ici par « méthode alternative » toute méthode autre que la lutte chimique. Cela comprend donc le contrôle génétique, la lutte physique, la lutte biologique et le contrôle cultural. (Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

## **1. Contrôle génétique, utilisation de la résistance variétale**

La résistance variétale est la capacité pour une variété de plante d'obtenir une bonne productivité malgré la présence de ravageurs. Deux mécanismes sous-tendent à ce concept: l'antixénose, quand la plante par sa physiologie, sa morphologie ou son phénotype (structures des organes, goût, odeur, couleur, longueur de son cycle de développement) repousse ou amoindrit les dommages causés par les ravageurs et l'antibiose, quand la plante est capable de produire une substance pouvant empêcher le développement du ravageur. L'amélioration variétale concerne surtout les résistances aux maladies : céréales résistantes aux rouilles, à l'oïdium, aux fusarioses, etc. (Aubertot et Coll., 2005)

L'effort est à poursuivre en matière de recherche afin, par exemple, de pallier les déficits de variétés de blé alliant résistance, productivité et qualité meunière. Les sélectionneurs considèrent qu'une politique affirmée de réduction des traitements phytosanitaires valorise leur métier, et que les outils de marquage moléculaire dont ils disposent aujourd'hui permettront à l'avenir de créer plus aisément des variétés multi-résistantes, à résistances durables, ou des organismes génétiquement modifiés. Le développement d'organismes génétiquement modifiés a été également proposé comme une solution par les industries phytopharmaceutiques, notamment pour la lutte contre les insectes. (Plan Ecophyto : acteurs. Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

Le choix de variétés résistantes aux maladies permet de réduire les dégâts pour les maladies foliaires. Plusieurs séries de variétés résistantes ont ainsi été développées pour la lutte contre le phoma du colza (variétés comportant les gènes Rlm1, Rlm4, puis plus récemment Rlm7). L'utilisation à large échelle des mêmes types de résistance pose cependant la question de l'érosion de ces résistances. Sur le colza, il est conseillé d'alterner les groupes de résistance au phoma, pour varier la pression de sélection et sauvegarder les résistances spécifiques, qui sont plus facilement contournables. (Delos, 2009)

## **2. Lutte biologique**

La méthode classique de lutte chimique contre les insectes ravageurs des récoltes et des mauvaises herbes, jadis considérée comme panacée, fait de plus en plus place à la lutte biologique par utilisation de micro-organismes, de prédateurs. Par exemple, l'utilisation de trichogrammes contre la pyrale du maïs fait régulièrement l'objet de conseils de la part des coopératives et des instituts techniques (moyen réservé à des situations de pression modérée). Le principal obstacle à l'adoption de cette pratique est le temps nécessaire à la pose des capsules. (de Kouassi, 2001) (Boivin, 2001)

### **a) Définition**

Il existe de nombreuses définitions de la lutte biologique mais nous nous en tiendrons à une définition générale telle que celle proposée par Van Drische et Bellows (1996): « La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénicité ou compétition ». La lutte biologique est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de diminuer la densité de population d'un autre organisme vivant, généralement un ravageur. L'agent de lutte peut être un prédateur, un parasitoïde, un agent pathogène (champignon, bactérie, virus...). On distingue : la lutte par introduction-acclimatation d'une nouvelle espèce dans un environnement ; la lutte par des lâchers, massifs (lutte inondative) ou en petite quantité (lutte inoculative) d'un ennemi du bio-agresseur ; la manipulation environnementale qui vise à favoriser les ennemis du bio-agresseur naturellement présents (auxiliaires). (Aubertot et Coll., 2005)

Ces bioicides peuvent être utilisés selon deux stratégies ; l'une curative, par la répression immédiate ou l'autre, préventive lorsque l'intervention n'est pas imminente. Les méthodes biologiques offrent des solutions viables à cause de l'automatisme des micro-organismes entomopathogènes ou phytopathogènes, de leur variété, de leur spécificité, de leur compatibilité intrinsèque avec la nature et de leur capacité d'évoluer avec et sans intervention humaine (Cloutier et Cloutier, 1992). La lutte biologique est surtout appliquée contre les ravageurs. Elle agit souvent contre un spectre étroit de bio-agresseurs, et est sensible aux traitements pesticides. Elle concerne peu les maladies.

La lutte biologique est très peu développée en grande culture : seul le trichogramme contre la pyrale du maïs est utilisé sur des surfaces importantes. Elle l'est davantage en cultures légumières, notamment en production sous abri de tomates.

### **b) Organismes utilisés**

Pratiquement tous les organismes vivants peuvent être considérés comme des ennemis naturels selon l'angle avec lequel on examine leur écologie. Cependant dans un contexte de lutte biologique en agriculture, et surtout en ce qui concerne la lutte biologique contre les insectes ravageurs, quatre groupes d'organismes sont surtout utilisés. Ce sont les microorganismes, les nématodes, les prédateurs et les parasitoïdes.

### **c) Exemple du trichogramme contre la pyrale du maïs**

Les Trichogrammes sont des insectes, des « micro-guêpes », de toute petite taille (environ 0,5 mm) qui ont la particularité de parasiter les œufs de la pyrale et de les détruire. Cet insecte est capable de tuer dans l'œuf le papillon qui se prépare.

La pyrale, une chenille, est le principal ravageur du maïs en France. En dehors du rendement, la pyrale peut également altérer la qualité des récoltes. Les dégâts sur les épis favorisent en effet l'apparition de champignons tels que les fusarioses, dont certaines sont à l'origine du développement de mycotoxines. Une forte présence de ces dernières dans les récoltes peut entraîner des problèmes de santé chez l'homme et l'animal.

Le contexte de la lutte contre la pyrale du maïs se traduit par une pression parasitaire en évolution, une exigence croissante en matière de qualité sanitaire et une forte attente de la société et des pouvoirs publics pour limiter les risques des insecticides chimiques.

Un procédé industriel de multiplication du trichogramme, mis au point par l'INRA et Biotop, filiale d'InVivo, permet de traiter le maïs à grande échelle. Les trichogrammes sont produits en très grande quantité, ils sont ensuite placés dans des capsules qui sont réparties en lâchers manuels inondatifs dans des champs de maïs. Les trichogrammes femelles vont pondre dans les œufs de la pyrale. Ceux-ci sont détruits et n'éclosent pas (donnant au contraire naissance à d'autres trichogrammes qui chercheront à leur tour d'autres pontes). Les dégâts sur le maïs peuvent être ainsi évités sans avoir recours à des insecticides chimiques. (Site <http://www.campagnesetenvironnement.fr/> consulté le 15/01/2012)

#### **d) Conclusions et perspectives**

Depuis quelques années, les introductions d'ennemis naturels sont réglementées et un permis d'introduction est exigé. Toute demande de permis d'introduction doit faire la preuve de la pertinence de cette introduction ainsi que des risques potentiels. Malgré leur intérêt certain en lutte biologique, l'utilisation des parasitoïdes est freinée surtout par le manque d'information sur leur comportement et leur écologie. La production en masse de ces organismes et les relâchés efficaces dépendent largement de la qualité de notre compréhension du fonctionnement de ces organismes. Des progrès sont à prévoir dès que ces phénomènes seront mieux compris.

### **3. Utilisation de méthodes culturelles**

C'est l'ensemble des méthodes culturelles défavorisant les ravageurs des récoltes. (Herzog et Funderburk, 1986) Le principe consiste à limiter les conditions favorables aux bio-agresseurs, dans le temps et l'espace, en jouant sur les caractéristiques du peuplement végétal et sur les successions culturales et les assolements. (Aubertot et Coll., 2005) Ces techniques sont des techniques préventives. Il existe toute une panoplie de contrôle culturel comme les rotations de cultures faisant alterner des cultures à cycles différents et/ou de familles botaniques différentes pour éviter l'installation des adventices dont le cycle de développement est calé sur celui de la culture, et rompre le cycle des ravageurs et maladies ; les associations de cultures (une céréale et une légumineuse à graine par exemple) ; l'anticipation ou le retardement des saisons de semis ou de récolte, l'assainissement des plantations après les récoltes, l'irrigation, les jachères etc.

#### **a) Exemple : Les associations de variétés et d'espèces**

Les associations d'espèces (céréales-légumineuses) ne font l'objet que d'un très petit nombre d'articles, analysant leurs performances économiques et écologiques. Les avantages reconnus sont surtout liés aux économies d'azote (favorable au blé) et à la facilité de récolte pour le pois (diminution de la verse). Les aspects sanitaires sont moins mis en avant. Les associations légumineuses-céréales assurent une compétition vis-à-vis des adventices pour la lumière (la densité globale du couvert est plus élevée et l'architecture complémentaire des espèces permet une fermeture plus rapide du couvert), et une meilleure efficacité de l'utilisation de l'azote, ce qui en limite la quantité disponible pour les adventices. De même, l'association d'espèces au sein d'une même parcelle peut diluer la quantité d'agents pathogènes présents et constituer une barrière physique à la propagation des maladies. Cela a été démontré pour les maladies foliaires du blé. (Vilich-Meller, 1992)

(Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. 2011)

En ce qui concerne les céréales, certaines chambres d'agriculture testent les associations variétales et tentent de définir des critères d'association (résistances aux maladies complémentaires, même précocité). Mais, bien que les associations variétales de céréales soient pratiquées dans d'autres pays (Danemark, Pologne, USA...), les références existantes sont insuffisantes pour entraîner l'adhésion.

Ces associations sont peu développées sur le terrain, sauf en agriculture biologique et dans des exploitations de polyculture-élevage pour l'alimentation des animaux.

(Plan Ecophyto : acteurs. Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

#### **4. Lutte physique : désherbage mécanique et travail du sol**

Ces méthodes incluent toutes les techniques dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique ou biochimique. Différents outils sont utilisés (herse étrille, houe rotative, bineuse). Cette technique est souvent présentée dans les articles comme un dernier recours en cas d'absence de solutions chimiques disponibles. Le désherbage mécanique (hersage, binage, sarclage) permet de détruire les plantes adventices à des stades où elles sont peu développées. Autre exemple, pour réduire les populations d'insectes du sol comme les taupins ou les limaces, les déchaumages pendant l'interculture en période sèche sont souvent efficaces. (Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

D'autres avantages des techniques mécaniques sont mis en avant : moindres contraintes sur les horaires de passage dans la journée (par rapport à la pulvérisation), réduction du coût du désherbage selon les outils et les conditions d'utilisation. La comparaison de l'efficacité des programmes incluant du désherbage mécanique avec des programmes chimiques, toutes choses égales par ailleurs (date de semis, travail du sol, rotations), montrent des performances inférieures de ces techniques alternatives. Les principaux freins évoqués au développement de ces techniques sont : une augmentation du temps de travail par hectare, jugé difficilement acceptable dans un contexte d'agrandissement des exploitations ; un investissement nécessaire pour l'acquisition du matériel ainsi que une technicité requise (nombre de jours favorables aux interventions au niveau climatique, différences d'efficacité des outils selon la flore, état du sol).

Les techniques de travail du sol, telles que le déchaumage, le labour et le faux-semis sont également mises en avant, dans les documents, comme contribuant à réduire l'utilisation d'herbicides. (Plan Ecophyto : acteurs. Site <http://agriculture.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

#### **5. Conclusion**

Ces techniques seront couplées à l'analyse des avertissements agricoles qui existent pour informer sur les risques épidémiques au niveau régional ainsi que sur les bonnes pratiques de protection. Ils apportent une aide à la décision pour les producteurs, et permettent d'adapter les traitements phytosanitaires au risque épidémique qui diffère d'une année à l'autre en raison des variations des conditions climatiques.

Le développement d'outils permettant de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires limite les effets de la pollution environnementale, et encore plus s'ils sont mis en œuvre conjointement avec d'autres techniques comme le choix de molécules peu toxiques et une bonne pratique des pulvérisations. Il faut prendre en compte des enjeux à court terme (performance économique des entreprises) et des enjeux à plus long terme (effets sur l'environnement). Les lacunes dans les connaissances sur certaines pratiques alternatives sont parfois un obstacle à leur recommandation. C'est le cas des aménagements favorables aux auxiliaires ou des variétés compétitives par rapport aux adventices. Il y a donc encore un important travail de recherches à mener.

Les pouvoirs publics interviennent par le resserrement des contraintes de production et par la mise en place de mécanismes d'incitations (aides publiques). Ils peuvent agir à différents niveaux : taxation, incitations financières, remontée des niveaux d'exigences des cahiers des charges des AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) en viticulture par exemple. La réduction d'utilisation des pesticides fait l'objet d'une communication intense ; elle est le fait de nombreux acteurs (Instituts techniques, Chambre d'agriculture...), et passe par des voies variées : revues, brochures, fiches techniques, sites internet, etc.

Toutes ces techniques ne peuvent se développer que si des formations sont organisées pour aider les agriculteurs à adapter leurs méthodes de travail. Il faut de plus leur montrer que le développement de ses techniques reste compatible avec un bon équilibre économique de leur exploitation. En effet la baisse des traitements phytosanitaires peut être associée à un accroissement de la variabilité des rendements ou influencer sur la qualité du produit au moment de la récolte. De plus, avec une réduction de l'utilisation des pesticides on peut craindre un développement des problèmes sanitaires de type "mycotoxines" ou difficultés de conservation. Pour cela il faut étudier les enjeux au niveau qualité et quantité de produit à utiliser. D'autre part, la réduction des traitements phytosanitaires peut aller de paire avec la nécessité d'un suivi plus précis de l'état des parcelles. Dans ce cas il faut avoir la possibilité de mobiliser les ressources en temps et en équipement nécessaires à cette gestion plus fine au sein de l'exploitation. Enfin, il faut montrer aux agriculteurs les possibilités de valorisation commerciales des produits issus d'une agriculture qui limite l'utilisation de pesticides. En effet, ces produits pourront être valorisés à travers le circuit de distribution et auprès des consommateurs.

## **D. Agriculture biologique**

L'agriculture biologique (AB) est un mode de production qui veut respecter les équilibres naturels et utilise des méthodes visant à préserver l'environnement, les ressources naturelles et le bien-être animal. Cet ensemble de pratiques agricoles spécifiques renonce par principe à tous les intrants chimiques de synthèse, et ne conserve que quelques pesticides extraits de plantes et des substances minérales (cuivre et soufre, comme fongicides, dont l'accumulation dans les sols reste à étudier). L'agriculture biologique refuse l'utilisation des OGM, des régulateurs de croissance et des additifs alimentaires pour le bétail. Tout au long de la filière, les opérateurs de l'agriculture biologique respectent un cahier des charges rigoureux qui privilégie les procédés respectueux de l'écosystème. (Site <http://www.agencebio.org/> consulté le 23/03/2012)

Tenter de s'affranchir de l'utilisation des pesticides de synthèse nécessite de maintenir la pression potentielle des ravageurs au niveau le plus bas, par un ensemble de pratiques cohérentes qui modifient profondément les systèmes de culture ainsi que l'organisation territoriale de ces systèmes de culture. (Aubertot et Coll., 2005)

L'utilisation de méthodes pouvant remplacer l'utilisation de produits de synthèse représente donc une alternative séduisante à la lutte chimique et peut être considérée comme un moyen pour l'homme de produire sa nourriture d'une façon durable. Dans la réalité, elle rencontre cependant des impasses techniques, notamment pour les cultures pérennes et doit accepter des rendements inférieurs (en partie acceptables grâce à des prix de vente plus élevés).

Toutefois, l'agriculture biologique ne représente aujourd'hui que 3% des surfaces agricoles en France : le risque de contamination par les pesticides présents dans l'environnement, malgré les mesures de précaution prises par la filière, ne peut donc pas être occulté. (Site <http://www.agencebio.org/> consulté le 23/03/2012)

## **E. Des habitudes alimentaires à changer, comment consommer le minimum de pesticides ?**

Les LMR s'appliquent à des produits végétaux frais, ni lavés ni épluchés. Comme le consommateur lave et/ou épluche (le plus souvent) ses fruits et légumes, en cuisine, la quantité de résidus réellement ingérée est réduite (Site <http://www.economie.gouv.fr/> consulté le 15/01/2012)

### **1. Répartition entre peau et pulpe**

Une étude espagnole publiée en 2004, a étudié la présence dans des kakis, de résidus de fenitrothion et de ses principaux métabolites. Cet insecticide est un composé organophosphoré qui agit sur les synapses cholinergiques. Les analyses ont comparé les niveaux de résidus retrouvés dans la peau *versus* la pulpe et dans le produit entier cru *versus* le produit cuisiné. Les analyses ont été réalisées par chromatographie en phase gazeuse. Après récolte les niveaux de résidus de fenitrothion retrouvés dans les fruits étaient inférieurs aux LMR. Les niveaux de détection de l'insecticide, diminuent de 88% après épluchage alors que la modification de température n'entraîne pas de variation significative. Les résidus retrouvés dans ces échantillons étaient toujours inférieurs aux limites autorisées par l'OMS pour la consommation humaine. (Fernández-Cruz et Coll., 2004)

Une étude bulgare a, elle, recherché les résidus de quarante pesticides dans des pommes en utilisant la chromatographie en phase gazeuse. Et là aussi, les niveaux de résidus retrouvés dans le fruit étaient toujours inférieurs aux niveaux de résidus retrouvés dans la peau du fruit, et inférieurs aux LMR. (Mladenova et Shtereva, 2009)

L'Institut Fédéral d'évaluation des risques a développé une base de données qui comprend un ensemble de facteurs de transformation issus du rapport annuel publié par la réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides, et à partir du rapport d'évaluation du projet (DAR) préparé par les membres du groupe scientifique sur les produits phytopharmaceutiques et leurs résidus (PRAPeR) et de données sur les résidus qui ont été recueillies dans le cadre des procédures nationales d'autorisation de mise sur le marché. Les données sur l'épluchage étaient disponibles pour les oranges et les mandarines, et les résultats montrent qu'une distribution similaire des résidus entre la pulpe et la peau peut être supposée.

## **2. Faut-il laver ses fruits et légumes ?**

Une équipe espagnole a analysé les effets du lavage sur la présence de résidus de pesticides dans les olives. Ces chercheurs ont étudié cinq pesticides : le diuron, la terbuthylazine, la simazine, l'alpha-endosulfan, et le bêta-endosulfan. Après pulvérisation, ces produits étaient suivis par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Le lavage effectué un jour après le traitement était le plus efficace pour réduire les résidus, en particulier pour la simazine. Par conséquent, l'étape de lavage effectuée dans les usines d'olives (notamment pour la production d'huile d'olive) pourrait être efficace pour éliminer les résidus d'herbicides présents dans les olives. Les résidus peuvent être la conséquence du contact, pendant une courte période, avec le sol contaminé. Cela se produit lors de la récolte des olives, les branches des arbres sont secouées pour faire tomber au sol ou sur un filet, les olives, avant de les ramasser. Cette contamination reste superficielle, elle est donc éliminée lors du lavage dans les usines. (Guardia-Rubio et Coll., 2007)

La première chose à faire est donc de bien laver les fruits et légumes avant de les manger. Pour ceux dont vous êtes le moins sûr, épluchez-les. Quant aux produits bios, ils sont cultivés sans pesticides de synthèse. Le bio est en moyenne plus cher que le non bio, alors on peut opter pour le bio pour les produits qu'on croque (raisin, pomme, tomate...) et profiter ainsi des vitamines sous la peau, mais consommer du non bio si on épluche les produits (kiwi, banane, orange...).

Autre conseil, quand on mange du poisson, il faut éviter la consommation de gros poissons à longue durée de vie pouvant accumuler des toxines issues de la pollution des mers et rivières.

## **3. Peut-on boire l'eau du robinet ?**

En France, l'eau du robinet est majoritairement conforme aux limites de qualité définies par le Ministère de la santé. Une potabilité souvent due aux investissements nécessités par le traitement plus qu'à une réelle amélioration des ressources. Pour connaître les dernières analyses, informez-vous en mairie ou regardez la dernière information envoyée avec votre facture d'eau. (Site <http://www.mce-info.org/> consulté le 23/03/2012)

Le contrôle sanitaire des eaux potables est mis en œuvre par les Agences Régionales de Santé (ARS). Il est régi par la directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine transposée dans le Code de la Santé Publique (CSP). En décembre 2010, de nouvelles recommandations ont été émises. Si un dépassement des limites de qualité est observé, un deuxième contrôle est effectué immédiatement sur un second échantillon. Si le dépassement des limites de qualité réglementaires est confirmé, des mesures correctives et des mesures de gestion du problème sont mises en place. Elles varient selon la nature du ou des pesticides impliqués, l'amplitude et la durée du dépassement (sur trente jours). Ce nouveau mode de gestion distingue trois types de situation. La situation NC0, pour laquelle les pesticides sont présents en quantité excessive juridiquement, il y a un dépassement ponctuel de la limite de qualité mais il y a absence de risque sanitaire. Dans ce cas, il n'y a pas de restriction, un suivi renforcé de la zone de prélèvement est mis en place et la population est informée. Dans la situation NC1, les pesticides sont présents en quantité excessive juridiquement et on observe un dépassement récurrent de la limite de qualité. Dans ce cas, on juge qu'il n'y a pas de risque sanitaire, il n'y a donc pas de restriction.

Mais un suivi plus précis est mis en place et la population est informée. Pour ces deux premières situations, on considère qu'il n'y a pas de risque sanitaire à consommer l'eau. Contrairement à la situation NC2, où le risque sanitaire existe. On met alors en place une information de la population sur les restrictions d'usages (boisson, préparation des aliments y compris la cuisson). (Site <http://www.congress-national-sante-environnement.org/> consulté le 05/01/2012)

La mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (DCE) nécessite, pour respecter les objectifs de " bon état écologique " des masses d'eau, des actions dont certaines concernent l'utilisation des pesticides. Au niveau national, le futur Plan interministériel "Pesticides" et le Plan National Santé-Environnement (PNSE) sont les témoins de la préoccupation des pouvoirs publics concernant la réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides. (Aubertot et Coll., 2005)

## **F. Le principe de précaution doit s'appliquer**

La reconnaissance du Principe de Précaution, désormais inscrit dans la Charte de l'Environnement française, fournit un cadre conceptuel et juridique pour une prise en compte de des risques par les pouvoirs publics. Il s'agit d'appliquer des règles de prévention dans les décisions de gestion, et d'imputer aux acteurs économiques la responsabilité et le coût des effets, même indirects, de leurs actions. (Aubertot et Coll., 2005)

En France, le Comité de la prévention et de la précaution émet des mesures générales concernant l'emploi des pesticides en agriculture, l'amélioration des connaissances et la transparence des données issues des analyses de contrôle de l'environnement ou de la chaîne alimentaire. (Rapport du Comité de la prévention et de la précaution. 2002) Il faut encore travailler sur les effets des mélanges de pesticides et les effets à long terme dus à l'absorption chronique de faibles doses. Les populations les plus à risque doivent continuer à être suivies attentivement. Les études à long terme doivent se multiplier car les effets apparaissent parfois à la génération suivante. Les mesures de retrait des pesticides ou des aliments contaminés doivent être prises dès qu'un danger est suspecté. Il faut organiser le développement durable de l'agriculture afin que les générations futures bénéficient toujours d'une alimentation de qualité.

### **1. Recommandations**

Il faut réduire les expositions des populations aux résidus de pesticides en limitant les usages. Pour cela, il faut commencer par interdire les substances les plus préoccupantes et réduire les usages de pesticides dans les années à venir selon les objectifs du plan Ecophyto 2018. De plus, on doit renforcer l'information des utilisateurs de pesticides à usage professionnel ou domestique, et la formation, notamment dans le cadre de la qualification des professionnels selon les objectifs du plan Ecophyto 2018, développer une meilleure connaissance de la contamination des compartiments de l'environnement (air, eau, sol) et des denrées alimentaires, et favoriser la mise à disposition et la valorisation de ces données. Concernant le suivi des populations, il faut documenter précisément les usages et plus particulièrement ceux qui concernent les produits à usages domestiques ; documenter les expositions environnementales et alimentaires mais aussi favoriser la mise en œuvre d'une campagne nationale de mesure des imprégnations des populations selon les objectifs du plan d'actions 2009-2011 de l'Observatoire des résidus de pesticides. Ces éléments sont nécessaires à une meilleure appréhension du risque lié aux produits.

## **Conclusion**

Les pesticides ont connu un essor important avec le développement de l'industrie. Produits peu chers et efficaces, ils ont été utilisés abondamment sur les cultures afin d'assurer un approvisionnement alimentaire satisfaisant à la population mondiale. Dans le passé, en l'absence de traitement adapté des récoltes, des cultures entières ont été anéanties, à l'origine de famines. Les pesticides permettent aux producteurs de préserver la récolte et d'obtenir des récoltes régulières car il y a moins de pertes à chaque étape de la culture. Aujourd'hui, les cris d'alarme de certains scientifiques et l'évolution des pratiques alimentaires font que de nombreuses personnes se posent des questions sur les effets des résidus de pesticides pour leur santé.

On cherche maintenant à limiter l'exposition de la population aux pesticides, comme le dit l'article 1<sup>er</sup> de la charte de l'environnement, « Chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé » (Site <http://www.conseil-constitutionnel.fr/> consulté le 21/01/12)

Ainsi, la commercialisation d'une nouvelle substance est désormais soumise à une procédure rigoureuse d'homologation, qui évalue les risques pour l'environnement et la santé humaine en fonction des bénéfices du nouveau produit. Plusieurs dizaines de produits sont ainsi homologués chaque année et, parallèlement, des molécules sont régulièrement retirées du marché. (Site <http://www.observatoire-pesticides.gouv.fr/> consulté le 23/03/12) Il faut tenter de réduire la consommation de pesticides et promouvoir l'utilisation des pesticides les moins toxiques.

Dans son dossier Cancer et environnement, l'Inserm recommande de réduire les expositions aux pesticides. Pour cela, il faut agir à la fois sur le type de pesticides et sur les modes d'utilisation de ces produits. Il faut aussi renforcer l'information des utilisateurs de pesticides à usage professionnel ou domestique, et la formation des professionnels. Concernant le suivi des populations exposées, il faut documenter les expositions *via* les différents milieux ; distinguer les différentes formes de pesticides utilisées et le type d'usage, évaluer les quantités utilisées, préciser les périodes d'emploi ; utiliser les marqueurs d'exposition. Ces données devraient permettre de mieux appréhender le risque lié à l'utilisation de ces produits (Bard et Coll., 2005)

Une réflexion pourrait être engagée sur la manière d'informer les citoyens sur les pesticides dans leur environnement, avec un effort vers certaines populations spécifiques (riverains de zones agricoles, les applicateurs de produits phytosanitaires, les femmes enceintes, les enfants, etc.). Ainsi, ils pourraient être sensibilisés aux nécessités du lavage des aliments végétaux par exemple. (Rapport du Comité de la prévention et de la précaution. 2002)

Le pharmacien a un rôle en santé publique, notamment pour ce qui est de fournir des informations pertinentes aux patients et à la population générale.

En tant que praticiens, les professionnels de santé doivent être au cœur des actions de prévention. Dans ce sens, ils peuvent contribuer à la réduction des risques liés aux expositions. De part la proximité qu'ils ont avec la population générale et les patients, les pharmaciens entretiennent une relation privilégiée avec eux.

En conclusion, comme le dit le slogan du plan Ecophyto 2018, « Moins de pesticides, c'est mieux pour vous, pour moi et pour l'environnement ».

## **Bibliographie**

- Alexander M. Aging, Bioavailability, and Overestimation of Risk from Environmental Pollutants. *Environ. Sci. Technol.*, 2000 ; 34 (20), pp 4259–426
- Rapport ANSES. Exposition de la population générale aux résidus de pesticides en France. Oct. 2010
- Ascherio A., Chen H., Weisskopf M.G., O'Reilly E., McCullough M.L., Calle E.E., Schwarzschild M.A., and Thun M.J.. Pesticide exposure and risk for Parkinson's disease. *Annals of Neurology*, 2006 ; 60;197-203
- Aubertot J.N., Barbier J.M., Carpentier A., Gril J.J., Guichard L., Lucas P., Savary S., Savini I., Voltz M. (éditeurs). Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Rapport d'Expertise scientifique collective, INRA et Cemagref (France). 2005.
- Baldi I., Lebailly P.. Cancers et pesticides. Supplément La Revue du praticien, 15 Juin 2007 ; vol. 57
- Bard D., Barouki R., Benhamou S., Bénichou J., Clavel J., Jouglu E., Launoy G.. Cancers, Approche méthodologique du lien avec l'environnement. Rapport INSERM. 2005
- Barriuso E., Benoit P., Charnay M.P., Coquet Y., Louchart X., Schiavon M., Arousseau P.. Pollutions organiques diffuses : mobilité et persistance des polluants organiques dans les sols. In: "Sols et Environnement", Girard M.C. (eds.), Paris, 2005 ; chap. 19
- Betarbet R., Sherer T.B., MacKenzie G., Garcia-Osuna M., Panov A.V. and Greenamyre J.T.. Chronic systemic pesticide exposure reproduces features of Parkinson's disease. *Nat. Neurosci.* Dec. 2000. 3, 1301–1306
- Bjørling-Poulsen M., Andersen HR., Grandjean P. Potential developmental neurotoxicity of pesticides used in Europe. *Environmental Health*. Octobre 2008 ; 7:50
- Boivin G.. Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée ? VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 2 n°2, Oct. 2001. Consulté le 11 janvier 2012
- Brosselin P. et El Yamani M. Cancer et environnement. Rapport Afsset, janvier 2006
- Cabras P., Caboni P., Cabras M., Angioni A., Russo M.. Rotenone residues on olives and in olive oil. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2002 ; vol. 50, n°9
- Calvet R.. Adsorption of organic chemicals in soils. *Environmental Health Perspectives* 1989 ; 83, 145-177
- Guide Prévention et produits phytosanitaires. CCMSA. Déc. 2005
- Clavel J.. Étude Engela, unité 754 INSERM. Sept. 2010
- Cloutier C., Cloutier C.. Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. Vincent C & Coderre D (éd) La lutte biologique. 1992. p. 19-88. Gaëtan Morin Ed., Boucherville.
- Rapport du Comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable. Risques sanitaires liés à l'utilisation des produits phytosanitaires. 2002

- Rapport du Comité de la prévention et de la précaution. Ministère de l'écologie et du développement durable. Les perturbateurs endocriniens : quels risques? Dec. 2003
- Costa L.G., Giordano G., Guizzetti M., Vitalone A.. Neurotoxicity of pesticides: a brief review. *Front Biosci.* Janv. 2008 1;13:1240-9
- Cravedi J.P., Zalko D., Savouret J.F., Menuet A., Jégou B.. Le concept de perturbation endocrinienne et la santé. *Medecine Sciences.* 2007 ; 23 : 198-204
- Delos M.. Mémento d'assistance technique pour la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles – Volet Santé de végétaux, Mesures applicables aux grandes cultures. 2009, v. 109, MAP, 423 p
- Dewailly E.. La contamination du lait maternel par les organochlorés au Québec. *BISE*, 1991 ; Vol. 2- No 4
- Bilan 2009 des plans de surveillance et de contrôle mis en œuvre par la DGAL. DGAL. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'aménagement du territoire. Oct. 2010
- Dossier d'information : La qualité de l'eau potable en France. Aspects sanitaires et réglementaires. Direction générale de la Santé. Sept. 2005
- European Food Safety Authority. 2008 Annual Report on Pesticide Residues according to Article 32 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal* 2010 ; 8(7):1646-442 pp. Parma, Ital.
- European Food Safety Authority. The 2009 European Union Report on Pesticide Residues in Food. *EFSA Journal* 2011; 9(11):2430. 225 pp. Parma, Italy. This Scientific Report of EFSA, published on 04 April 2012, replaces the earlier version published on 08 November 2011
- Elbaz A., Clavel J., Rathouz, Moisan F., Galanaud J.P., Delemotte B., Alperovitch A., Tzouri C.. Professional exposure to pesticides and Parkinson's disease. *Ann Neurol* 2009 ; 66 : 494-504
- El Yamani M., Barrillon A. Substances chimiques. Rapport Afsset. Janv. 2006.
- Faroon O., Kueberuwa S., Smith L., DeRosa C.. Evaluation of health effects of chemicals. Mirex and chlordane : health effects, toxicokinetics, human exposure, and environmental fate. *Toxicol Ind Health* 1995 ; 11, 1-20
- Fernández-Cruz M.L., Villarroya M., Llanos S., Alonso-Prados J.L., García-Baudín J.M.. Field-incurred fenitrothion residues in kakis: comparison of individual fruits, composite samples, and peeled and cooked fruits. *J Agric Food Chem.* 25 Fev. 2004 ; 52(4):860-3
- Frizzle C., La santé des femmes peut-elle être affectée par les pesticides ? VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement. Regards / Terrain, 2003. Consulté le 16 septembre 2011
- Furlong C.E., Cole T.B., Jarvik G.P., Pettan-Brewer C., Geiss G.K., Richter R.J., Shih D.M., Tward A.D., Lulis A.J., Costa L.G.. Role of paraoxonase (PON1) status in pesticide sensitivity : genetic and temporal determinants. *Neurotoxicology.* Août 2005 ; 26(4):651-9
- Gatignol C., et Étienne J.C., Rapport Pesticides et Santé, Enregistré à la présidence de l'Assemblée nationale le 29 avril 2010
- Gauvrit C.. La résistance au glyphosate : Etat des lieux et mécanismes. Présentation lors des Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes. Dijon. 11 et 12 Déc. 2007

- Giasson B.I., Lee V.. A new link between pesticides and Parkinson's disease. *Nature Neuroscience*, 2000;3:1227-1228
- Guardia-Rubio M., Ayora-Cañada M.J., Ruiz-Medina A.. Effect of washing on pesticide residues in olives. *J Food Sci. Mars* 2007 ; 72(2):C139-43
- Guespereau M.. Cancer et environnement. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Juil. 2009
- Gold L.S., Slone T.H., Ames B.N., and Manley N.B.. Pesticide residues in food and cancer risk : A critical analysis. *Handbook of Pesticide Toxicology*. Second Edition (R. Krieger, ed.) San Diego, CA. Academic Press. 2001 ; pp 799-843
- Herzog, D.C., et Funderburk, E.J.. Ecological bases for habitat management and pest cultural control. *Ecological theory and integrated pest management practice*. 1986. p.217-250
- Rapport IFEN. L'environnement en France. Oct. 2006
- Rapport Institut de Veille Sanitaire. Impact sanitaire de l'utilisation du chlordécone aux Antilles françaises. Recommandations pour les recherches et les actions de santé publique. Oct. 2009
- Jackson W.A., Joseph P., Laxman P., Tan K., Smith P.N., Yu L., Anderson T.A.. Perchlorate accumulation in forage and edible vegetation. *J Agric Food Chem*. Janv. 2005 ; 53(2):369-73
- Juraske R., Mutel C.L., Stoessel F. et Hellweg S.. Life cycle human toxicity assessment of pesticides : comparing fruit and vegetable diets in Switzerland and the United States. *Chemosphere*, Nov. 2009 ; Vol. 77, n°7
- Jurewicz J. et Hanke W.. Prenatal and childhood exposure to pesticides and neurobehavioral development: review of epidemiological studies. *International journal of occupational medicine and environmental health*. 2008 ; vol. 21, n°2, p. 121-13
- Kamel F., Engel L.S., Gladen B.C., Hoppin J.A., Alajanova M., Sandler D.P.. Neurologic symptoms in licensed pesticide applicators in the agricultural health study. *Human and experimental toxicology*. 2007, vol. 26, n° 3, p. 243-250
- de Kouassi M.. La lutte biologique : une alternative viable à l'utilisation des pesticides ? *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. Oct. 2001 ; Vol. 2 n°2. Consulté le 16 septembre 2011
- Louchart X., Voltz M., Andrieux P. and Moussa R.. Herbicides runoff at field and watershed scales in mediterranean vineyard area. *J. of Env*. 2001 ; 30, 3, p. 982-991
- Rapport de la Maison de la consommation et de l'environnement. Pesticides, danger ! Sept. 2008
- Mamy L.. Comparaison des impacts environnementaux des herbicides à large spectre et des herbicides sélectifs : Caractérisation de leur devenir dans le sol et modélisation. Thèse de Doctorat de l'institut National Agronomique Paris. Oct. 2004 ; 333p
- Merhi M, Demur C, Racaud-Sultan C, Bertrand J, Canlet C, Estrada FB, Gamet-Payrastre L.. Gender-linked haematopoietic and metabolic disturbances induced by a pesticide mixture administered at low dose to mice. *Toxicology*. 12 Janv. 2010 ; 267 (1-3) : 80-90

- Merhi M., Raynal H., Cahuzac E., Vinson F., Cravedi JP., Gamet-Payraastre L.. Occupational exposure to pesticides and risk of hematopietic cancers : meta-analysis of case-control studies. *Cancer Causes Control*. Dec. 2007 ; 18 (10) : 1209-26
- Guide pratique pour la conception de systèmes de culture plus économes en produits phytosanitaires. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire. Fév 2011
- Mladenova R. et Shtereva D.. Pesticide residues in apples grown under a conventional and integrated pest management system. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. Juin 2009 ; 26 (6) : 854-8
- Momas I., Caillard J.F., Lesaffre B.. Plan National Santé Environnement. Rapport final de la Commission d'orientation. Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale. Fév. 2004
- Dossier Pesticides et santé des agriculteurs. Observer, alerter et accompagner. Bulletin d'information de la MSA n°103. Avril 2010
- Multigner L.. Impact des expositions au chlordécone sur le développement intra-utérin et postnatal. INSERM, Rennes. Mars 2008
- Multigner L., Ndong J.R., Giusti A., Romana M., Delacroix-Maillard H., Cordier S., Jégou B., Thome J.P., Blanchet P.. Chlordecone exposure and risk of prostate cancer. *J Clin Oncol*. Juil. 2010
- Multigner L. Exposition des populations antillaises au chlordécone et risques pour la santé. Fév. 2007
- Onil S. Risques liés à l'utilisation du Roudup® pour le contrôle des plantations de cocaïne en Colombie. Sept. 2001
- Rapport PRSE Bretagne. Pesticides et santé : état des connaissances sur les effets chroniques en 2009. Mai 2010
- Robin M.M.. Le monde selon Monsanto. La Découverte, France. 2008 ; 348p.
- Rosas L.G. et Eskenazi B.. Pesticides and child neurodevelopment. *Current opinion in pediatrics*. 2008 ; vol. 20, n°2, p. 191-197
- Rothlein J., Rohlman D., Lasarev M., Phillips J., Muniz J., McCauley L.. Organophosphate pesticide exposure and neurobehavioral performance in agricultural and nonagricultural hispanic worker. *Environmental health perspectives*. 2006 ; vol. 114, n°5, p. 691-696
- Sanchez C.A., Krieger R.I., Khandaker N., Moore R.C., Holts K.C., Neidel L.L.. Accumulation and perchlorate exposure potential of lettuce produced in the Lower Colorado Riverregion. *J Agric Food Chem*. Juin 2005 ; 53(13) : 5479-86
- Slutsky M., Levin J.L., Levy B.S.. Azoospermia and oligospermia among a large cohort of DBCP applicators in 12 countries. *Int J Occup Environ Health*. Avr.-Juin 1999 ; 5 (2) : 116-22
- Soler L.G.. Enjeux économiques liés à la réduction des pesticides dans le secteur du vin. *Innovations Agronomiques*. 2007 ; 1, 105-110
- Soto A.M., Sonnenschein C.. Environmental causes of cancer : endocrine disruptors as carcinogens. *Natural revue Endocrinology*. Juil. 2010 ; 6 (7) : 363-70.
- Srinivasan A., Viraraghavan T.. Perchlorate: health effects and technologies for its removal from water ressources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Avril 2009 ; 6 (4), 1418-1442

- Tao S., Yu Y., Liu W., Wang X., Cao J., Li B. Lu X., Wong M.H.. Validation of dietary intake of dichlorodiphenyltrichloroethane and metabolites in two populations from Beijing and Shenyang, China based on the residuals in human milk. *Environ Sci Technol.* 15 Oct. 2008 ; 42 (20) : 7709-14
- Rapport U.S. Environmental Protection Agency. Perchlorate environmental contamination : Toxicological review and risk characterization. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment, Washington. 2002 ; NCEA-1-0503
- Van Leeuwen J.A., Waltner-Toews D., Abernathy T., Smit B., Shoukri M.. Associations between stomach cancer incidence and drinking water contamination with atrazine and nitrate in Ontario (Canada) Agroecosystems 1987-1991. *International Journal of Epidemiology.* 1999 ; 28 : 836-840
- Vilela M.L., Willingham E., Buckley J., Liu B.C., Agras K., Shiroyanagi Y., Baskin L.S.. Endocrine disruptors and hypospadias: role of genistein and the fungicide vinclozolin. *Urology.* Sept. 2007 ; 70 (3) : 618-21
- Vilich-Meller V.. Mixed cropping of cereals to suppress plant diseases and omit pesticide applications. *Biol. Agric. Hort.* 1992 ; 8, p. 299-308
- Wang A., Costello S., Cockburn M. Zhang X., Bronstein J., Ritz B.. Parkinson's disease risk from ambient exposure to pesticides. *Europ J Epidemiol.* 2011 ; Vol. 26 n°7, 547-555
- Wirdefeldt K., Adami H.O., Cole P., Trichopoulos D., Mandel J.. Epidemiology and etiology of Parkinson's disease: a review of the evidence. *Eur J Epidemiol.* Juin 2011 ; 26 Suppl. 1 : S1-58.
- Yang A., Zhang J., Hu S.. Maternal exposure to the mixture of organophosphorus pesticides induces reproductive dysfunction in the offspring. *Environ Toxicol.* Juil. 2011
- Zheng L., Hongmei Z., Minhui T., Shaobin Y., Liwei W., Ying L., Dandan M., Zhiming H.. Organochlorine Pesticides in Consumer Fish and Mollusks of Liaoning Province, China: Distribution and Human Exposure Implications. *Arch Environ Contam Toxicol.* Oct. 2010 ; 59 (3) : 444-453

Université de Lille 2  
FACULTE DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES DE LILLE  
**DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE**  
Année Universitaire 2011/2012

**Nom : BECART**  
**Prénom : Alice**

**Titre de la thèse : Impacts sur la santé des résidus de pesticides dans l'alimentation**

**Mots-clés : Pesticides- Environnement- Alimentation- Résidus- LMR- Cancer- Perturbateurs endocriniens- Pathologies- Plan Ecophyto**

---

**Résumé de la thèse :**

Les pesticides sont utilisés pour détruire les organismes nuisibles responsables de la diminution des rendements et de la moindre qualité des récoltes. Ils ont constitué un progrès considérable pour l'agriculture. Cependant, en raison de leur utilisation massive, des phénomènes de résistance sont apparus et leur utilisation est aujourd'hui remise en question et des questions se posent de plus en plus sur les effets de ces produits sur l'environnement et leur innocuité pour la santé humaine.

De nos jours, des contrôles réguliers sont effectués sur les produits alimentaires afin de mesurer les résidus de pesticides. Par exemple, des analyses recherchent les traces de traitements phytosanitaires dans les fruits et légumes. Ces résultats sont ensuite comparés aux Limites Maximales de Résidus (LMR) autorisées par les instances directives. Ces limites sont fixées lors de la mise sur le marché du produit phytosanitaire et elles évoluent suivant les études publiées sur la toxicité du traitement.

Les effets des résidus de pesticides dans l'alimentation doivent aussi être étudiés et notamment l'absorption de faibles quantités à long terme. Des effets cancérigènes, des troubles endocriniens et des troubles neurologiques sont suspectés, en conséquence, des études doivent être poursuivies afin de rechercher le lien entre les pesticides et les pathologies.

En France, la prise de conscience des risques liés aux pesticides est à l'origine du Plan Ecophyto 2018. Cet objectif de réduire de 50% l'usage des pesticides en France en 2020 encourage la recherche de méthodes alternatives aux traitements phytosanitaires.

---

**Membres du jury :**

**Président :** Monsieur Michel Lhermitte  
Professeur à la Faculté des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques de Lille 2

**Assesseur(s) :** Monsieur Guillaume Garçon  
Professeur à la Faculté des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques de Lille 2

**Membre(s) extérieur(s) :** Madame Anne-Adélaïde Cracco-Morel  
Praticien hospitalier hygiéniste au Centre Hospitalier de Valenciennes