



MINISTÈRE DE L'EMPLOI
ET DE LA SOLIDARITÉ



DIRECTION DE LA SANTÉ
ET DU DÉVELOPPEMENT SOCIAL DE LA MARTINIQUE

Service Santé Environnement

Contamination par les produits phytosanitaires organochlorés en Martinique Caractérisation de l'exposition des populations

- Etat des lieux
- Contribution à la mesure de l'exposition alimentaire aux molécules organochlorées
- Propositions d'axes d'intervention

Simon BELLEC
Ingénieur d'études sanitaires
Eric GODARD
Ingénieur du génie sanitaire

mars 2002

Sommaire

INTRODUCTION	1
1 PESTICIDES ET SANTÉ	2
2 SOURCES D'EXPOSITION DES POPULATIONS	3
2.1 Exposition par les eaux d'alimentation	4
2.2 Exposition domestique	5
2.3 Exposition professionnelle	5
2.4 Exposition aérienne (air ambiant extérieur)	6
2.5 Alimentation solide	7
2.6 Imprégnation humaine aux organochlorés	7
2.7 Bilan	8
3 CONTRIBUTION À LA MESURE DE L'EXPOSITION ALIMENTAIRE AUX MOLÉCULES ORGANOCHLORÉES	8
3.1 Problématique et présentation de la démarche	8
3.1.1 Problématique	8
3.1.2 Choix des aliments	8
3.2 Matériel et méthode	9
3.3 Résultats et analyse	10
3.3.1 Aliments	10
3.3.2 Sols	11
3.4 Evaluation du Risque sanitaire : analyse des dangers et relation dose réponse	15
3.5 Caractérisation de l'exposition	15
3.5.1 Contact cutané	15
3.5.2 Inhalation	16
3.5.3 Ingestion	16
3.6 Evaluation du risque Sanitaire : application à l'HCH β et au chlordécone	18
3.6.1 Choix des données de consommation	18
3.6.2 Hypothèses de calcul et résultats	18
3.6.3 Interprétation des résultats	19
3.7 Discussion	22
4 AXES D'INTERVENTION	24
4.1 Acquérir les données nécessaires à l'amélioration de l'évaluation de risque	24
4.1.1 Alimentation solide	24
4.1.2 Eau de consommation et autres ressources en eau :	25
4.1.3 Qualité de l'air extérieur	26
4.1.4 Exposition domestique	26
4.1.5 Etat d'imprégnation des tissus	27
4.1.6 Effets des pesticides sur la population	27
4.2 Poursuivre et développer des actions de gestion du risque pesticides	27
4.2.1 Homologation des pesticides dans les DOM et faiblesses du contexte réglementaire	27
4.2.2 Connaissance des mécanismes de transfert des xénobiotiques	28
4.2.3 Gestion des déchets	28
4.2.4 Pesticides utilisés en voirie et espaces verts	29
4.2.5 Connaissance des métabolites pertinents et « traitabilité » des pesticides	29
4.3 Assurer une communication sur les risques liés aux pesticides	29
4.4 Conséquences en termes d'organisation	30
4.4.1 Base de données de la Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie (CIRE)	30
4.4.2 Groupe Régional Phytosanitaire (GREPHY)	30

CONCLUSION.....	31
RÉFÉRENCES DES ANNEXES.....	33
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	34



Sigles utilisés

BRGM : Bureau de la Recherche Géologique et Minière
 CDH : Conseil Départemental d'Hygiène
 CIRAD : Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement
 CIRE : Cellule Interrégionale d'Epidémiologie
 DAF : Direction de l'Agriculture et de la Forêt
 DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales
 DDCCRF : Direction départementale de la Consommation de la Concurrence et de la Répression des Fraudes
 DDE : DichloroDiphenyldichloroEthylene (métabolite du DDT)
 DDT : DichloroDiphenylTrichloroethane
 DGAL : Direction Générale de l'Alimentation
 DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes
 DJE : Dose Journalière d'Exposition
 DJT : Dose Journalière Tolérable
 DSDS : Direction de la Santé et du Développement Social (nouvelle dénomination de la DDASS depuis juillet 2001)
 DSV : Direction des Services Vétérinaires
 ENSP : Ecole Nationale de la Santé Publique
 EPA: Environmental Protection Agency
 FAO : Food and Agriculture Organisation
 FDA : Food and Drug Administration
 GREPHY : Groupe Régional Phytosanitaire
 HCH : HexaChlorocycloHexane (et ses isomères α , β , γ)
 HSDB : Hazardous Substances Data Bank
 INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
 INSERM : Institut National de Santé et de la Recherche Médicale
 LERES : Laboratoire d'Etude et de Recherche en Environnement et Santé
 LMR : Limite Maximale en Résidus (en pesticides)
 NOAEL : No Observed Adverse Effect Level
 SPV : Service de la Protection des Végétaux (service de la DAF)
 VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Références des tableaux

Tableau 1 - principales productions de tubercules en Martinique	9
Tableau 2 - chlordécone : résultats par aliment	11
Tableau 3 – HCH β : résultats par aliment	11
Tableau 4 – chlordécone : résultats des analyses de sols	12
Tableau 5 – chlordécone : statistiques descriptives des analyses de sols	12
Tableau 6 - HCH β : résultats des analyses de sols	13
Tableau 7 - HCH β : statistiques descriptives des analyses de sols	13
Tableau 8 - mirex [®] : résultats des analyses de sols	14
Tableau 9 - dieldrine : résultats des analyses de sols	14
Tableau 10 - types d'enquêtes possibles (définition d'un régime alimentaire Martiniquais)	17
Tableau 11 - données de consommation dachines et patates douces	17
Tableau 12 - hypothèses de calcul ; données de consommation et de contamination	19
Tableau 13 - valeurs toxicologiques de référence	19
Tableau 14 - DJT par catégorie d'individu	19
Tableau 15 - récapitulatif des DJE et fraction de la DJT consommée par molécule et type d'aliment	20
Tableau 16 - Valeurs limites de concentration à ne pas dépasser pour respecter la DJT – individu adulte	21
Tableau 17 - distribution des résultats (dachines et chlordécone)	21
Tableau 18 - distribution des résultats (patates douces et chlordécone)	21
Tableau 19 - distribution des résultats (dachines et HCH beta)	21
Tableau 20 - distribution des résultats (patates douces et HCH beta)	22



Ce rapport d'étude fait suite au stage d'application de Simon Bellec (formation statutaire des ingénieurs d'études sanitaires à l'école nationale de la santé publique de Rennes) pendant les mois de janvier, juillet puis septembre 2001 au service Santé Environnement de la DSDS Martinique ; stage dirigé par Eric Godard.

N.B : le tableau 2 page 12, comportant des erreurs dans des versions précédentes a été corrigé dans cette édition du rapport : le nombre total d'échantillons végétaux comportant des traces de chlordécone ainsi que le pourcentage par rapport au nombre total de végétaux analysés a été modifié sans que cela affecte les conclusions initialement présentées .

Introduction

L'usage des produits phytosanitaires permet de limiter les dégâts dus aux ravageurs des cultures (insectes et acariens, végétation adventice, nématodes, champignons parasites...), actifs tout au long de l'année en climat tropical humide. Les caractéristiques particulières du département liées notamment au développement de trois grandes cultures et l'utilisation de pesticides organochlorés sur l'île pendant près d'un demi siècle semblent affecter encore aujourd'hui les différents compartiments du milieu naturel. Le rapport de la mission d'enquête de MM. BALLAND, MESTRES et FAGOT de septembre 1998 fait état en Martinique d'une consommation à l'hectare de produits phytosanitaires très supérieure aux usages métropolitains, d'une situation de risque grave et de la faiblesse des données permettant de constituer l'état des lieux [1].

Le groupe régional phytosanitaire récemment installé¹ (GREPHY) regroupe les services de l'Etat ainsi que les principaux organismes professionnels et les représentants de la société civile concernés par l'utilisation des produits phytosanitaires : il a entre autres pour mission de contribuer à la réduction des risques pour la santé et l'environnement relatifs à l'usage de ces molécules.

Cette étude conduite par le Service Santé Environnement de la Direction de la Santé et du Développement Social² (DSDS) de la Martinique en vue d'améliorer la connaissance de l'exposition de la population aux pesticides s'intègre dans les axes de travail du GREPHY et du programme d'action élaboré par le Comité de Bassin Martinique en 1999.

Après avoir circonscrit le contexte d'étude, rappelé quelques éléments de connaissance sur la relation pesticides-santé, une présentation succincte des principales voies d'exposition aux pesticides est réalisée.

Il est désormais établi que les eaux de certains bassins versants révèlent la persistance d'une contamination par des organochlorés anciennement utilisés, ayant pour origine la pollution des sols par ces molécules particulièrement persistantes. Il ne peut être écarté l'hypothèse d'une contamination potentielle de plantes cultivées sur des sols pollués par ces molécules.

La démarche a consisté à qualifier et à quantifier les organochlorés dans des sols exposés à des traitements phytosanitaires antérieurs et à déterminer s'il existe une possibilité de transfert entre les molécules présentes dans le sol et des aliments vivriers de base a priori susceptibles de concentrer ces produits. Les aliments choisis ont été des tubercules de type dachine³ et des patates douces. Ce sont des denrées produites et consommées localement. Des campagnes de prélèvements de couples « sol / aliment » ont été réalisées. A partir des résultats obtenus, une analyse du risque sanitaire est initiée en déterminant la part attribuable à l'alimentation (consommation d'eau contaminée et des tubercules considérés).

Enfin, des propositions d'interventions administratives et techniques sont présentées dans la dernière partie de ce rapport.

¹ Arrêté préfectoral n°01-2074 du 31 juillet 2001

² fusion de la direction des affaires sanitaires et sociales et de la direction interrégionale de la sécurité sociale

³ autres dénominations : chou de chine, taro ou madère (cette dernière appellation est surtout utilisée en Guadeloupe)

1 Pesticides et santé

Les produits « phyto-pharmaceutiques », ou phytosanitaires, plus généralement désignés sous le terme de pesticides, visent différents objectifs et notamment [2] :

- l'augmentation des rendements des cultures ;
- la limitation des irrégularités de production liées aux grands fléaux parasites ;
- la protection des réserves alimentaires (on évalue à près d'un tiers la fraction des récoltes mondiales qui seraient détruites chaque année par des espèces nuisibles) ;
- la réduction du risque de famine ;
- la lutte contre les parasites humains et les vecteurs de maladies : paludisme, fièvre jaune, dengue... L'exemple le plus connu est celui du DichloroDiphénylTrichloroethane (DDT) : il aurait, selon l'organisation mondiale de la santé sauvé près de 25 millions de vies humaines ;
- la lutte contre les parasites producteurs de toxines (moisissures, mycobactéries...) ;
- la protection de certaines espèces ;
- la protection des bâtiments ;
- la lutte contre les nuisances dues aux insectes, aux rongeurs et à la flore adventice.

Les pesticides peuvent être classés selon leur cible : insecticides, acaricides, fongicides, herbicides, molluscicides, nématicides ou encore rodenticides. Les réducteurs de croissance et agents de mûrissement, ne visant pas la destruction d'espèces indésirables, sont plutôt à classer dans les produits de phytopharmacie. La composition chimique des pesticides permet également de les différencier. On distingue comme principales familles : les organochlorés, les organophosphorés, les organoazotés, les pyréthrinoïdes de synthèse ou encore les carbamates. Ce sont les propriétés chimiques de ces molécules et de leurs formulations en spécialités qui leur apportent une capacité de lutte contre les ennemis des cultures.

Outre les critères d'écotoxicité, la toxicité des pesticides peut être appréhendée en termes de toxicité aiguë, subaiguë ou chronique. Si les effets toxiques à court terme sont bien connus et relativement bien maîtrisés, les effets à long terme sont moins évidents à mettre en exergue. Ces effets peuvent être classés selon différentes « rubriques ». A titre d'exemple, on pourra citer :

- Les effets génotoxiques (cancérigène, mutagène) ;
- Les effets sur le système endocrinien : on parle alors de perturbateurs endocriniens ;
- Les effets sur le système immunitaire ;
- Les effets tératogènes.

I.BALDI a réalisé en 1998 une synthèse des connaissances épidémiologiques quant aux effets retardés des pesticides sur la santé. On retrouve des associations inconstantes entre développement de certaines pathologies (cancer notamment) et exposition à des pesticides. Le temps de latence entre le début de l'exposition et l'apparition de cancers (15 à 30 années), la reconstitution de l'exposition et les variations inter individuelles sont autant d'éléments qui sont de nature à biaiser les résultats, notamment pour les études épidémiologiques rétrospectives. D'autres pathologies telles que les dépressions du système immunitaire, les troubles cutanés ou cardiovasculaires sont également visées avec des descriptions et conclusions variables selon les auteurs. Toutefois, malgré tous les facteurs d'incertitudes, des effets sur la santé ont pu être mis en évidence par des études, plus particulièrement dans le champ des cancers, des troubles de la reproduction et des effets neurologiques [3].

2 Sources d'exposition des populations

La contamination des eaux par les produits phytosanitaires en milieu rural est essentiellement due à la pollution diffuse d'origine agricole. Les grandes cultures dominantes en Martinique sont consommatrices de pesticides variés (banane, ananas) et d'herbicides (canne à sucre). En 1999, la sole bananière occupait de l'ordre de 12000 ha, soit plus de 58% des terres arables et 35% de la surface agricole utilisée. La production exportée a représenté 261848 tonnes. La canne à sucre occupait 3140 ha [4]. La culture bananière, et celle de l'ananas représentent les principales consommations de produits phytosanitaires, notamment insecticides et nématicides dans le département.

L'historique des principaux traitements utilisés dans la culture de banane pour lutter contre ses principaux ravageurs, montre une utilisation majeure de pesticides de la famille des organochlorés. En effet, la lutte chimique généralisée en 1953 peu de temps après l'apparition des premiers produits de traitement - contre le charançon du bananier, notamment (*Cosmopolites sordidus*) - a permis d'améliorer les rendements. L'HCH, l'aldrine et la dieldrine constituaient les principales matières actives utilisées contre le charançon du bananier. Toutefois, du fait des risques générés par ces molécules, un retrait général d'homologation sur le territoire métropolitain a été opéré, les ventes devant cesser au 1^{er} mars 1971. Pour les départements d'outre mer, l'absence de molécules efficaces contre le charançon du bananier a conduit à une dérogation d'usage jusqu'au 31 décembre 1973. Mais dès 1965, la moindre efficacité constatée des cyclodiènes et du HCH avait conduit à augmenter les doses de traitement, les charançons devenant résistants, et seul le lindane avait encore une certaine efficacité (HCH purifié, contenant le seul isomère γ) [6]. A. KERMARREC évaluait dans son rapport de 1980 les doses maximales des anciennes matières actives employées à l'ha à 15-20 kg pour la dieldrine, 30-40 kg pour l'aldrine et 180 à 270 kg pour le HCH, et s'inquiétait des déséquilibres écologiques en résultant [7]. Les tests réalisés sur une nouvelle matière active, le chlordécone, ont alors démontré sa grande efficacité et ses capacités de rémanence. Cette molécule bénéficia d'une autorisation provisoire de vente en 1972. Le Kepone[®] à 5% fut alors utilisé à la dose préconisée de 1,5 g de matière active par pied et par application semestrielle, soit 60 kg/ha de produit commercial, en remplacement du HCH à 25% ou 50% de matière active. L'efficacité du chlordécone était telle que les traitements pouvaient être espacés de 18 mois [6].

Mais en 1976, suite aux risques estimés aux Etats-Unis, et décrits dans un document de l'Environmental Protection Agency (EPA) [8], la fabrication du Kepone[®] a cessé.

Parallèlement, la lutte était entreprise contre la fourmi-manioc⁴ en Guadeloupe avec un organochloré proche du chlordécone, le Mirex[®] ou perchlordécone, dont l'homologation contre les fourmis de l'ananas et les fourmis manioc a été délivrée en juillet 1975 après une période d'autorisation provisoire de vente. De 1968 à 1978, le Mirex[®] 450 à 0,45% de matière active avait été distribué pour 9 tonnes aux agriculteurs et 4 tonnes aux communes à destination de leurs administrés, soit au total 58,6 kg de perchlordécone. Contrairement aux USA où le produit avait été épandu par voie aérienne, les granulés étaient déposés à raison de 30 g par nid de fourmis. Dans leur synthèse bibliographique, sur les pollutions liées à l'utilisation du perchlordécone, A.KERMARREC et G.MALATO mettent l'accent sur les risques liés à l'utilisation du chlordécone, molécule très proche du Mirex[®], utilisée à de bien plus fortes doses sur la sole bananière [9].

⁴ la « fourmi manioc » est un ravageur particulier du manioc dans les zones tropicales

N. CAVELIER a étudié la contamination de la faune guadeloupéenne par les organochlorés. Si la pollution par les organochlorés classiques ne semblait pas entraîner de contamination élevée des organismes à l'approche des années 80, le chlordécone contaminait fortement les rats, les poissons et crustacés capturés [10].

Il ne semble pas que ces éléments de connaissance rapportés par le rapport collégial d'A. KERMARREC [5] aient suffisamment alerté pour stopper l'usage des molécules organochlorées dans les Antilles françaises : les cyclones David (1979) et Allen (1980) ont durement frappé ces îles, et les attaques de charançons qui ont suivi furent si destructrices qu'il a été décidé de reprendre la formulation de chlordécone et de le distribuer sous le nom de Curlone[®] sous autorisation provisoire de vente du 30 juin 1981.

2.1 Exposition par les eaux d'alimentation

Actuellement, l'isomère β de l' HexaChlorocycloHexane (β HCH) et le chlordécone sont les deux principales molécules retrouvées dans les eaux (**ANNEXE I**). Rappelons que l'utilisation du perchlordécone (Mirex[®]) pour lutter contre les fourmis manioc, a surtout été développée en Guadeloupe. Il est toutefois possible que ce produit ait été utilisé également contre les fourmis de l'ananas. On ne retrouve pas cette molécule dans les eaux de consommation en Martinique, mais son hydrolyse en chlordécone est toutefois possible selon l'EPA [8].

Or, ces deux molécules organochlorées contaminent de façon chronique trois ressources utilisées pour l'alimentation en eau de consommation : la source Gradis, les rivières Capot et Monsieur. La source Gradis a fait l'objet d'une interdiction d'utilisation (les concentrations en HCH β dépassaient 3 $\mu\text{g/l}$ en juillet 1999⁵) [11]. Pour les deux autres prises d'eau, les données les plus récentes montrent que les concentrations mesurées restent en dessous de 0,8 $\mu\text{g/l}$, les valeurs moyennes s'établissant à 0,3 $\mu\text{g/l}$ pour le chlordécone, molécule dont la concentration est la plus élevée. Une évaluation du risque sanitaire fondée sur le calcul de la dose journalière tolérable a permis de maintenir provisoirement la consommation de cette eau (dans l'esprit du régime dérogatoire prévu par la directive de novembre 1998 sur l'eau de boisson⁶) [12]. Des traitements au charbon actif doivent être mis en œuvre en 2002. 35000 habitants sont desservis en direct par ces ressources.

En outre, le bilan pour les années 1998 et 1999 de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine [12] mettait en évidence, toutes ressources en eau de consommation confondues, la présence de 28 molécules dont 15 ne sont actuellement pas autorisées⁷. Sur ces 15 molécules, 14 sont de la famille des organochlorés et résultent des utilisations passées

Entre janvier 1999 et juin 2001, 36 molécules ont été mises en évidence sur les données recueillies. On note que les valeurs supérieures à la limite réglementaire de 0,1 $\mu\text{g/l}$ concernent une douzaine de

⁵ la norme réglementaire fixe une valeur seuil de 0,1 $\mu\text{g/l}$ pour chaque substance individualisée avec un total de 0,5 $\mu\text{g/l}$ pour toutes les molécules confondues (décret n°89-3 du 3 janvier 1989 modifié). Ces seuils s'appliquent à l'ensemble des molécules sauf quatre (aldrine, dieldrine, heptachlore et heptachlore époxyde), dont la valeur limite est 0,03 $\mu\text{g/l}$. Ces dispositions n'ont pas été modifiées par le nouveau décret sur les eaux destinées à la consommation humaine (décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001).

⁶ Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Journal Officiel des Communautés Européennes du 5 décembre 1998)

⁷ source : catalogue des produits phytosanitaires autorisés en France (e-phy) ; comité d'homologation de février 2001 – intranet du ministère chargé de la santé – réseau d'échange en santé environnementale (RESE). Ce catalogue des produits phytosanitaires autorisés en France est également disponible sur le site Internet du Ministère chargé de l'agriculture : <http://www.agriculture.gouv.fr/alim/prot/e-phy.html>.

molécules. La fréquence de ces événements est faible. Sauf pour le bromacile⁸ qui peut atteindre des valeurs dépassant 1 µg/l (phénomènes isolés et exceptionnels), les concentrations maximales relevées restent en deçà de 0,5 µg/l [13] (ANNEXE I).

Les campagnes d'analyses de la DIREN sur des eaux superficielles ont également mis en évidence la pollution persistante par le chlordécone en zone bananière, mais aussi les fongicides des traitements aériens et post-récolte, ainsi que les herbicides de la canne à sucre [14].

Quatre phénomènes génériques gouvernent le comportement des pesticides dans les sols : le déplacement, l'adsorption, l'immobilisation et la dégradation [15]. Le rôle de l'eau circulant dans la zone non saturée du sol paraît essentiel mais les mécanismes sont toutefois complexes à appréhender.

Des données bibliographiques [16] mais aussi des analyses récentes témoignent en faveur d'un stockage dans les sols et d'un lessivage de ces molécules dans les eaux :

- des analyses effectuées en 1999 par la DDASS de Martinique sur la frange superficielle du sol (les 2 premiers centimètres) environnant la source GRADIS, au nord de l'île, montrent des concentrations en chlordécone et HCH (α et β) respectivement de 5 mg/kg et 0,03 mg/kg de matière sèche.
- dans un document de travail provisoire de la DDASS de Guadeloupe, des analyses de sols réalisés par le laboratoire de la DGCCRF mettaient en évidence des concentrations en chlordécone et en HCH β pouvant atteindre 4 mg/kg au voisinage des captages pollués de la Basse Terre.

Les bassins versants dont les eaux sont contaminées, sont encore (ou ont été) cultivés en bananeraies. Les insecticides organochlorés constituent de loin la source de pollution la plus préoccupante, en raison de leur présence chronique à des niveaux dépassant les valeurs limites réglementaires et de leur potentiel de bioconcentration. Il est probable que leur présence dans les sols concerne la plupart de ceux qui ont été cultivés en bananeraies.

2.2 Exposition domestique

L'usage domestique de pesticides est une source de contamination mal documentée, particulièrement en termes quantitatifs. Les molécules utilisées par le passé (DDT, lindane notamment) ont été remplacées par des organophosphorés et plus récemment par des pyréthrinoïdes de synthèse. Les risques pour les personnes exposées ont ainsi *a priori* considérablement diminué même si certains pyréthrinoïdes de synthèse sont classés parmi les perturbateurs endocriniens.

L'exposition domestique aux produits phytosanitaires est un domaine peu exploré en Martinique. Le climat tropical humide, la prolifération de moustiques et autres insectes indésirables induit toutefois une forte consommation d'insecticides et de fongicides.

2.3 Exposition professionnelle

A ce jour, l'exposition professionnelle aux produits phytosanitaires est abordée essentiellement sur le plan des intoxications aiguës. La Caisse Générale de Sécurité Sociale (CGSS) a réalisé un bilan de ces accidents en 1999 [17], et la Cellule Interrégionale d'Epidémiologie Antilles Guyane (CIRE) recense actuellement les données sur ce sujet auprès des services hospitaliers. Toutefois, peu de travaux sont menés sur le plan des conséquences d'une intoxication sur le long terme. Une étude de

⁸ herbicide utilisé pour la culture de l'ananas

l'unité 435 de l'INSERM a toutefois lieu actuellement auprès d'une population de travailleurs agricoles en Guadeloupe pour déterminer si l'exposition aux organophosphorés et carbamates induit des effets sur la fertilité masculine.

2.4 Exposition aérienne (air ambiant extérieur)

Outre les formations d'aérosols et les pertes par volatilisation à l'épandage, les pesticides dont la tension de vapeur est élevée sont susceptibles de contaminer le compartiment aérien.

Il n'existe pas de données actuelles sur la contamination par les pesticides dans l'air extérieur en Martinique. Il n'existe pas non plus de réseau de surveillance de la contamination par les pesticides comme il en existe en cours de développement pour les autres polluants atmosphériques tels que les poussières, l'ozone, les oxydes d'azote ou de soufre. Aucune méthode normalisée n'est disponible pour la mesure des pesticides dans l'air ; la quantification des pesticides dans le compartiment aérien soulève des difficultés liées à leur faibles concentrations, à la présence de composés perturbateurs indésirables (bruit de fond élevé). Il est en revanche possible d'appréhender la nature des polluants en récupérant l'eau de pluie et en l'analysant à l'identique des analyses d'eau de consommation. Cette méthode peut renseigner sur la nature des molécules mais ne permet pas de les quantifier, ce qui est indispensable si l'on souhaite cerner l'exposition. En outre, on est en droit de s'interroger quant aux mécanismes qui déterminent la solubilisation dans l'eau de pluie des pesticides présents dans le compartiment aérien : il n'est pas certain que toutes les molécules seront présentes dans cette eau. Des démarches sont en cours au Laboratoire d'Etude et de Recherche en Environnement et santé (LERES) de l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes (ENSP). Une thèse est réalisée sur ce thème qui devrait conduire prochainement à des orientations d'investigation plus précises. Le développement de modèles mathématiques d'estimation des flux de transfert des pesticides dans l'atmosphère depuis les parcelles traitées constitue un axe de recherche. Ces derniers, couplés à des modèles de diffusion devraient permettre d'estimer les teneurs dans l'atmosphère en fonction de l'éloignement des zones d'application [18].

A la faveur des conditions aérologiques et de la topographie, le traitement aérien des bananeraies induit une perte des produits phytosanitaires utilisés et on estime à 30% l'épandage hors bananeraies [7]. Il faut ajouter à la perte due à la dérive lors de l'épandage les pertes dues à la volatilisation. Toutefois, l'utilisation d'huile d'alourdissement (amélioration du pouvoir fixant) en mélange avec le principe actif limite la volatilisation après traitement aérien. En Martinique, la généralisation du traitement aérien a débuté en 1975 pour lutter contre le *Cercospora*. L'application s'effectue essentiellement par hélicoptère ce qui permet une meilleure précision. Le traitement aérien, comme tout mode d'application est réglementé par un arrêté du 25 février 1975 modifié⁹ qui fixe des obligations de résultat en matière de protection de l'environnement lors des épandages. Compte tenu de la dispersion de l'habitat et des vents fréquents sur l'île (alizés) il est difficile de respecter les dispositions réglementaires prescrivant la non atteinte des parcelles voisines de la zone traitée.

D'après l'enquête de la Caisse Générale de Sécurité Sociale réalisée en 1999 [17], 73% des personnes interrogées ont affirmé que l'épandage par avion était pratiqué au-dessus des parcelles pendant leur travail ainsi qu'au dessus de leur maison. En outre, lors des applications de pesticides, 32% des personnes interrogées disent ne pas utiliser de masque de protection. On peut s'interroger également quant à l'adéquation des protections individuelles utilisées par rapport à la nature des substances utilisées.

⁹ arrêté interministériel (Ministères chargés des finances de l'agriculture et de l'environnement) du 25 février 1975 modifié par arrêtés des 4 février 1976, 5 juillet 1985, et 2 septembre 1996

L'exposition aux pesticides dans le compartiment aérien apparaît donc comme réelle mais aucune quantification de ce risque n'a encore été réalisée en Martinique.

2.5 Alimentation solide

Les services vétérinaires départementaux (DSV), de la protection des végétaux (SPV – DAF) et de la consommation (DDCCRF) réalisent des prélèvements aux fins d'analyses des résidus de pesticides dans les aliments.

Les services de la DDCCRF disposent d'un plan de contrôle axé sur plusieurs types de denrées alimentaires. Chaque année, un plan prévisionnel indique les programmes d'activité trimestrielle des laboratoires de la DGCCRF ainsi que le nombre estimatif de prélèvements à réaliser par les services déconcentrés¹⁰. Il existe toutefois une possibilité d'initiative locale, fonction des suspicions de contamination (au niveau national, ces prélèvements représentent près de 10 à 20% du total des échantillons) [18]. Le plan de surveillance prévisionnel 2001 de la DDCCRF prévoyait des prélèvements sur 25 types d'aliments (exclusivement végétaux), totalisant 163 prélèvements. En cas de dépassement des limites maximales en résidus de pesticides (LMR) fixées par la réglementation¹¹, des retraits du commerce et des procédures pénales peuvent être engagés.

Le Service de la Protection des Végétaux a une logique d'intervention différente puisqu'il axe ses contrôles principalement à des fins d'amélioration des pratiques agricoles. Le programme d'intervention du SPV est plus réduit que celui de la DDCCRF et cible plus ses investigations. A titre d'exemple, pour l'année 2001, les contrôles ont été axés sur les productions suivantes : tomates, concombres et bananes.

Les Services vétérinaires sont responsables de l'échantillonnage des denrées animales et d'origine animale conformément aux instructions fournies par la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL). Un bilan relatif à la contamination des viandes d'animaux de boucherie et produits laitiers par les résidus de pesticides (pour les années 1991 à 1998) mettait en évidence un nombre d'analyses positives très faible, les molécules retrouvées étant le lindane et l'HCH β . Cette synthèse ne concernait pas les animaux d'aquaculture. Or il y est souligné que ces derniers représentent une voie importante d'exposition parmi les denrées animales [18].

2.6 Imprégnation humaine aux organochlorés

En Martinique, l'imprégnation de la population par des pesticides organochlorés a été étudiée par M. MARTIN en 1973. Cette étude concernait l'imprégnation des tissus humains par des pesticides de la famille des organochlorés (α HCH, β HCH, γ HCH, DDT et DDE). Trente six sujets habitant la Martinique ont fait l'objet de prélèvements de tissus adipeux. Les conclusions de ces recherches mentionnent que l'HCH β se retrouve chez presque tous les sujets (les isomères α et γ de l'HCH ont été retrouvés dans la moitié des prélèvements). Il apparaissait toutefois que le taux d'HCH était dix fois plus faible que celui du DDT et de son métabolite le DDE. Les taux moyens rencontrés sont de l'ordre de 4,2 mg/kg et 3,5 mg/kg de DDT total chez l'adulte et l'enfant et de 0,42 mg/kg et 0,45 mg/kg de HCH total. Des analyses réalisées sur animaux soulignaient également une contamination par des pesticides organochlorés. Il soulignait que paradoxalement les individus dont les tissus étaient les

¹⁰ Le mode de constitution de l'échantillon est défini par l'arrêté ministériel du 25 février 1982

¹¹ arrêté interministériel du 5 août 1992 modifié relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles sur et dans certains produits d'origine végétale (Ministères chargés de la santé, de l'agriculture, des finances)

plus contaminés n'étaient pas exposés professionnellement à ces molécules. Il est possible que, outre d'éventuelles causes alimentaires, les traitements domestiques et anti-pédiculaires aient joué un rôle dans cette imprégnation. [19].

L'homme, comme n'importe quel mammifère, peut concentrer dans ses tissus les molécules organochlorées auxquelles il a été exposé par différentes voies, et leur dosage dans les tissus ou les produits biologiques est un excellent indicateur des expositions passées. L'allaitement est une forme particulièrement efficace d'excrétion des organochlorés stockés dans les graisses, et pourrait constituer une source d'exposition privilégiée du jeune enfant [20] [24].

2.7 Bilan

Il existe des domaines insuffisamment explorés en matière d'exposition de la population aux produits phytosanitaires. Les données les plus exhaustives concernent en effet l'eau de consommation.

Les pesticides de la famille des organochlorés largement utilisés par le passé sont encore détectés dans différents compartiments (sol et eau) alors que leur utilisation est interdite depuis près de 10 ans. Ceci témoigne de leur caractère persistant et laisse craindre que les populations soient encore exposées à ces molécules par d'autres voies que l'eau de consommation. Ces molécules n'étant plus employées, c'est une alimentation comprenant des végétaux ou animaux contaminés qui pourrait constituer une voie d'entrée privilégiée dans l'organisme humain.

3 Contribution à la mesure de l'exposition alimentaire aux molécules organochlorées

3.1 Problématique et présentation de la démarche

3.1.1 Problématique

La Martinique peut être divisée selon des ensembles édaphiques qui correspondent à des types de sols relativement homogènes. Selon la nature des sols et les usages agricoles antérieurs (bananeraies), les pesticides organochlorés peuvent encore être présents dans les sols considérés et pourraient être exportés par certains types de plantes cultivées.

Dans sa note présentée le 19 octobre 1977, J. SNEGAROFF mettait en évidence en Guadeloupe la contamination du milieu (eau, sol, sédiments) par des organochlorés (principaux isomères de l'HCH, α , β , γ et chlordécone). Les sols analysés pouvaient contenir jusqu'à 21,8 mg/kg de HCH β et 9,5 mg/kg de chlordécone. Il soulevait le problème de la culture de plantes-racines telles les carottes, susceptibles de concentrer ces molécules et de dépasser ainsi les limites admises en résidus de produits phytosanitaires. Toutefois, un prélèvement d'aubergines sur antécédent bananier n'avait pas révélé de résidus en concentration élevée [16].

L'objectif de cette étude est de confirmer la présence de molécules organochlorées dans les sols et de rechercher un éventuel transfert dans les plantes considérées avec pour finalité d'engager, le cas échéant, une analyse des risques sanitaires¹².

3.1.2 Choix des aliments

Outre les propriétés des racines à accumuler les organochlorés citées par J.SNEGAROFF, il apparaît que les résultats des services de la DGCCRF dans le cadre du plan de surveillance nationale 1998 et

¹² Une analyse de risque sanitaire comporte l'évaluation du (ou des) risque(s) sanitaire(s) à proprement parler ainsi que les moyens de gestion de ce ou ces risque(s) si ce ou ces derniers sont mis en évidence.

relatif aux limites maximales en résidus, mettent en exergue des concentrations de molécules organochlorées dans certains types de tubercules (**ANNEXE III**).

Il a donc été choisi de rechercher des productions locales de tubercules, susceptibles de concentrer les organochlorés plus que ne le feraient les parties aériennes (légume-feuille par exemple). Les parcelles retenues devaient présenter des précédents banane de longue durée pour être sûr de l'utilisation passée de pesticides organochlorés et notamment le chlordécone et l'HCH (Cf. 2.1).

L'examen des principales productions de tubercules en Martinique, a permis de sélectionner les tubercules qui ont fait l'objet de l'étude :

Tableau 1 - principales productions de tubercules en Martinique

	Igname	Dachine	Patate douce	Manioc	Toloman	Malanga (chou caraïbe)
Production récoltée (tonnes)	21200	13250	970	300	100	80
% du total	59,05%	36,91%	2,70%	0,84%	0,28%	0,22%
Production consommée localement (tonnes)	4945	12801	749	270	86	70
% du total	26,13%	67,65%	3,96%	1,43%	0,45%	0,37%

Source : statistiques générales agricoles (AGRESTE)
Direction de l'Agriculture et de la Forêt de la Martinique, 1998

On note qu'avec l'igname, le dachine est en Martinique une production vivrière phare. Ces deux tubercules sont largement consommés par la population. Compte tenu de la sécheresse qui sévit en Martinique en 2001, la plupart des productions d'igname ne sont pas arrivées à maturité pour la campagne de prélèvements. Nous avons donc dû écarter cette production.

Les recherches se sont axées sur les productions de dachine et de patate douce.

La mise en parallèle des concentrations retrouvées dans le sol et dans les tubercules (prélèvements de couples sol / aliment : cf. 3.2) doit permettre d'établir si un transfert existe et si les concentrations retrouvées dans les sols influent sur l'accumulation des pesticides organochlorés dans les tubercules.

3.2 Matériel et méthode

La démarche a consisté à effectuer des couples de prélèvement sol / aliment et à obtenir, en fonction du budget disponible et des différentes possibilités analytiques, un nombre maximal de couples.

Le laboratoire départemental d'analyses de la Drôme a été sollicité. Ce laboratoire est accrédité COFRAC pour les analyses d'eau et effectue les analyses de pesticides dans les eaux pour le

département de la Martinique. Il s'oriente à terme vers l'accréditation COFRAC au titre du programme 99-2 (recherche des résidus de pesticides dans les aliments).

Une option de recherche a été déterminée après examen des propositions analytiques du laboratoire. Elle répond aux objectifs suivants :

- le nombre de prélèvements est suffisant pour disposer d'une bonne puissance statistique (160 analyses de sol et de tubercules sont possibles avec cette option, soit 80 couples) ;
- la méthode multirésidus appliquée aux aliments intègre l'ensemble des molécules organochlorées recherchées dans le sol. Il est ainsi possible de connaître la concentration de ces molécules dans le sol et, éventuellement, dans les aliments considérés. En outre, la méthode multirésidus permet une approche à spectre large des pesticides pouvant être retrouvés dans l'aliment considéré, dans la perspective d'améliorer la connaissance en matière de risque sanitaire lié aux pratiques actuelles de traitement et au voisinage d'autres cultures ;
- La solution du sol cultivé en bananeraies traitées à l'aldicarbe (Temik®) contient par ailleurs des résidus sulfoxyde et sulfone d'après les travaux du CIRAD et les campagnes d'analyses sur les eaux effectuées par la DDASS [13] ; il convient de vérifier si les végétaux cultivés derrière une culture de bananiers ou à proximité sont susceptibles de capter ces résidus. A noter que le dossier d'homologation de l'aldicarbe est en cours de réévaluation auprès de la commission Européenne.

Le transporteur DHL a été sollicité pour l'acheminement des colis par avion. Le délai garanti est de 48 heures (de porte à porte), ce qui apporte une garantie satisfaisante quant aux conditions de conservation des échantillons.

L'ensemble du protocole est présenté dans l'**ANNEXE IV**. Au total, 5 parcelles ont fait l'objet de prélèvements : 4 parcelles de dachines et une de patates douces. En outre, deux prélèvements de chou caraïbe ont été réalisés sur une autre parcelle.

3.3 Résultats et analyse

Les résultats exhaustifs sont présentés en **ANNEXE V**

Pour ce qui est des données relatives aux tubercules, deux molécules principales sont retrouvées : le chlordécone et l'HCH β . Le vinchlozoline a été détecté une seule fois sur l'échantillon référencé D/A/1/24.

Quatre principales molécules sont retrouvées dans le sol : le chlordécone, l'HCH β , le Mirex® et la dieldrine.

3.3.1 Aliments

Il est présenté ci-après un bilan générique essentiellement qualitatif qui ne prend pas en compte les écarts de concentration retrouvés d'un aliment à l'autre. L'analyse quantitative des résultats sera effectuée dans la partie 3.6.

Molécule : chlordécone

Tableau 2 - chlordécone : résultats par aliment

Aliments	Nombre de résultats « positifs ¹³ »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Dachine	7	63	11 %
Patate douce	4	10	40 %
Chou caraïbe	2	2	100 %
Ensemble	13	75	18 %

Commentaires :

Les résultats mettent en évidence qu'une faible proportion de dachines accumulent le chlordécone. Proportionnellement, les patates douces semblent plus sujettes à accumuler le chlordécone que les dachines. Compte tenu du nombre trop faible de prélèvements de chou caraïbe, aucune conclusion ne peut être apportée avec rigueur pour cette production.

Molécule : HCH β

Tableau 3 – HCH β : résultats par aliment

Aliments	Nombre de résultats « positifs »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Dachine	2	63	3 %
Patate douce	0	10	0 %
Chou caraïbe	0	2	0 %

Commentaires : l'HCH β se retrouve beaucoup moins fréquemment que le chlordécone dans les aliments analysés.

3.3.2 Sols

Il est réalisé pour chaque molécule retrouvée un bilan qualitatif ainsi qu'une analyse statistique descriptive des résultats en fonction de la typologie des sols définie en **ANNEXE II**. Si l'on se réfère à cette annexe, il est possible de distinguer globalement 3 types de parcelles selon la description pédologique qui a été établie (les prélèvements de choux caraïbes ne sont pas pris en compte) par A.DELAUNAY, pédologue du CIRAD. Ainsi, les parcelles 2, 3 et 4 peuvent être regroupées (caractéristiques édaphiques relativement homogènes) ; les parcelles 1 et 5 présentent quant à elles des caractéristiques propres et distinctes.

- **Parcelle 1 (dachines, Nord-Atlantique):** Sol très typé de la zone de la montagne pelée avec alternance de stratifications nettes caractérisant un sol sur cendres et ponces. Sol très hydromorphe ; la circulation de l'eau présente une composante verticale plus importante (infiltration).
- **Parcelles 2 et 4 (dachines, Centre Martinique), 3 (patates, Centre Martinique):** Sol rouge enterré sous un faciès de nuées ardentes (fonctionnement global bi-couche). Terrain très remanié, difficulté d'appréhender la circulation de l'eau à l'échelle de la parcelle.

¹³ c'est à dire supérieur au seuil de détection

- **Parcelle 5 (dachines, Nord-Atlantique):** Sérigraphie tronquée par rapport à la sérigraphie des sols typique de la zone Pelée (Cf. parcelle n°1). La partie arable (non hallophane) repose sur du matériau cendres et ponces caractérisant un fonctionnement en “ bi-couche ” au niveau de la circulation de l’eau. Circulation à composante “ horizontale ” majeure. Sol hydromorphe, asphyxié.

3.3.2.1 Molécule : chlordécone

Tableau 4 – chlordécone : résultats des analyses de sols

Sols	Nombre de résultats « positifs »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de dachines	63	63	100 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Patates douces	10	10	100 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Choux caraïbes	2	2	100 %
Ensemble	75	75	100 %
Commentaires : Tous les échantillons de sol présentent une contamination par le chlordécone.			

Les statistiques descriptives sont présentées dans le tableau ci-après :

Tableau 5 – chlordécone : statistiques descriptives des analyses de sols

	chlordécone		
	<i>parcelles 2,3,4</i>	<i>parcelle 1</i>	<i>parcelle 5</i>
Moyenne	3,31	2,67	8,70
Erreur-type	0,23	0,29	0,53
Médiane	3,42	2,60	8,40
Mode	2,44	2,60	/
Écart-type	1,46	1,14	2,05
Variance de l'échantillon	2,13	1,31	4,19
Minimum	0,64	0,63	5,80
Maximum	6,48	5,10	13,00
Nombre d'échantillons	42	16	15

(résultats *ad hoc* exprimés en mg/kg de poids sec)

On observe ainsi que les parcelles sont contaminées à des degrés divers. La parcelle 5 est la plus contaminée (avec toutefois une dispersion des données plus importante que pour les autres parcelles).

Cette situation est préoccupante dans le sens où ces parcelles, qui ont subi des traitements insecticides à base de chlordécone il y a près de 10 ans (cf. 2.1), ont stocké de façon importante cette molécule et peuvent contaminer les ressources en eau ainsi que l'écosystème en général

(chaîne trophique). La contamination chronique de certains bassins versants est évidemment en relation avec cette pollution des sols .

3.3.2.2 Molécule : HCH β

Tableau 6 - HCH β : résultats des analyses de sols

Sols	Nombre de résultats « positifs »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de dachines	18	63	35 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Patates douces	9	10	90 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Choux caraïbes	2	2	100 %
Ensemble	29	75	38 %

Commentaires : la plupart des terrains présentent une contamination par l'HCH β . Cette contamination est proportionnellement moins importante que pour le chlordécone.

Les données de statistiques descriptives sont les suivantes :

Tableau 7 - HCH β : statistiques descriptives des analyses de sols

	HCH beta		
	Parcelles 2,3,4	Parcelle 1	parcelle 5
Moyenne	0,15	0,01	0,01
Erreur-type	0,12	0,00	0,00
Médiane	0,02	0,01	0,01
Mode	0,01	0,01	0,01
Écart-type	0,77	0,00	0,01
Variance de l'échantillon	0,59	0,00	0,00
Minimum	0,01	0,01	0,01
Maximum	5,00	0,02	0,05
Nombre d'échantillons	42	16	15

(résultats *ad hoc* exprimés en mg/kg de poids sec)
une valeur de 0,01 mg/kg (correspondant au seuil de détection)
a été attribuée à tous les résultats inférieurs à ce seuil

On observe ainsi une contamination des sols par le HCH β beaucoup plus faible que pour le chlordécone.

Molécules :Mirex[®] et dieldrine

▪ Mirex[®]

Tableau 8 - mirex[®] : résultats des analyses de sols

Sols	Nombre de résultats « positifs »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de dachines	43	63	68 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Patates douces	9	10	90 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Choux caraïbes	0	2	0 %
Ensemble	52	75	82 %

Commentaires : la majeure partie des terrains présentent une contamination par le mirex. Cette contamination apparaît comme surprenante dans le sens où le mirex (matière active : le perchlordécone) a peu été utilisé en Martinique (cette molécule est active pour lutter contre la fourmi manioc et celle de l'ananas). Le perchlordécone pourrait aussi avoir été présent dans les spécialités anciennement utilisées et à base de chlordécone en tant qu'impureté. N.CAVELIER avait toutefois écarté cette hypothèse en analysant les spécialités commerciales de l'époque [10]

▪ Dieldrine

Tableau 9 - dieldrine : résultats des analyses de sols

Sols	Nombre de résultats « positifs »	Nombre d'échantillons prélevés	Pourcentage de résultats « positifs » par rapport au nombre total d'échantillons prélevés
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de dachines	32	63	51 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Patates douces	0	10	0 %
Echantillons de sol appariés aux prélèvements de Choux caraïbes	1	2	50 %
Ensemble	32	75	42 %

Commentaires : insecticide, métabolite de l'aldrine, la dieldrine se retrouve de façon relativement constante dans les sols échantillonnés (toutes les parcelles à l'exception d'une seule -parcelle n° 3- présentent au moins un résultat positif en dieldrine) mais en concentration très faible.

Les résultats des statistiques descriptives, compte tenu du nombre de résultats inférieurs à la limite de détection, ne permettent pas de dégager de conclusion majeure. Les moyennes s'établissent respectivement pour le Mirex[®] et la dieldrine à 0,02 et 0,04 mg/kg de matière sèche.

3.4 Evaluation du Risque sanitaire : analyse des dangers et relation dose réponse

L'évaluation de risque engagée est fondée sur la méthodologie proposée par l'Institut de Veille Sanitaire (InVS) [21].

Une étude bibliographique a été réalisée par croisement de plusieurs bases de données en matière de toxicologie. Les principales sources d'information sont les suivantes :

- Centre International de Recherche Contre le Cancer (CIRC - <http://www.iarc.fr/>) : renseigne sur le classement de la substance quant à son caractère cancérigène ;
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB - <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>) : donne des références bibliographiques sur la toxicité des substances, la localisation des atteintes en cas d'exposition ainsi que sur les éventuels désordres endocriniens constatés ;
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR - <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>). Cette agence fixe des valeurs toxicologiques de référence (VTR) concernant l'exposition chronique, aiguë et intermédiaire : Minimal Risk Level's for hazardous Substances (MRL's). Cette base concerne les substances non cancérigènes uniquement ;
- Fiches toxicologiques du ministère de la Santé du Canada (<http://www.hc-sc.gc.ca/pmra-arla/francais/index-f.html>)

Les documents joints en **ANNEXE VI** récapitulent des informations relatives à la toxicologie des principales molécules (organochlorées notamment).

Aucune molécule concernée n'est classée cancérigène avérée par le CIRC. La plupart sont classées 2B (cancérigène possible).

L'hypothèse de travail consiste donc à considérer que les molécules retrouvées dans les aliments n'ont que des effets déterministes (effets toxiques à seuil de dose). Par conséquent aucun effet néfaste pour la santé ne doit être observé si on descend en dessous d'un certain niveau de dose. Les seuils fixés par les LMR sont donc applicables puisqu'il se basent sur la Dose Sans Effet Nocif Observé (DSENO – ou No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) chez l'animal, à laquelle on applique un facteur d'incertitude permettant d'extrapoler une dose pour l'homme [21]. Ce facteur d'incertitude est notamment censé prendre en compte la variabilité inter-espèce (extrapolation de l'animal à l'homme), la variabilité inter-humaine ou encore les critères de toxicité de la molécule. On choisit de cibler les seuils présentant un risque chronique (plus de 365 jours d'exposition) et à défaut, le seuil de risque intermédiaire (exposition à moyen terme, de 14 jours à 1 an).

Par ailleurs, cette analyse considère les risques liés à chaque molécule prise isolément.

L'**ANNEXE VII** présente les valeurs toxicologiques de référence établies par l'ATSDR et utilisées pour le chlordécone et le HCH β .

3.5 Caractérisation de l'exposition

3.5.1 Contact cutané

L'absorption de contaminants provenant du sol ou de la poussière au travers de la peau dépend d'un certain nombre de facteurs comme la surface de contact, la durée du contact, l'attraction chimique et physique entre le contaminant et le sol, la capacité du contaminant à pénétrer les téguments, les propriétés des molécules concernées (ex : capacité de dissolution dans les matières grasses). Les dachines sont des aliments dont le suc est sensiblement urticant ; les ouvriers agricoles utilisent des gants pour réduire le contact. Dans notre étude, ce type d'exposition n'est pas pris en compte car elle

comporte a priori trop d'incertitudes et concerne majoritairement l'exposition en milieu de travail. Pour ce qui est des consommateurs il n'a pas été pris en considération cette exposition, le temps de contact étant très court lors de la préparation de l'aliment (épluchage).

3.5.2 Inhalation

Cette exposition n'a pas été prise en compte car elle est difficilement paramétrable en l'état actuel des connaissances (volatilisation et adsorption des pesticides dans les poussières du sol).

3.5.3 Ingestion

3.5.3.1 Eau de consommation

Il existe des standards pour l'eau de consommation : selon l'Organisation Mondiale de la Santé, un nourrisson consomme 0,75 l d'eau par jour, un enfant 1 litre et un adulte 2 litres. Les poids respectifs estimés de ces catégories d'individus sont de 5, 10 et 60 kg [22]. La difficulté réside dans le choix des concentrations représentatives de l'exposition de la population. Ce point sera abordé aux paragraphes 3.6 et au 4.1.2 (propositions).

3.5.3.2 Alimentation solide

L'estimation de l'exposition des humains par l'alimentation résulte du croisement des données de consommation et des données de contamination des aliments. Il s'agit des données concernant l'alimentation solide et liquide (eau de consommation).

▪ Cas des dachines et patates douces

Les dachines sont en principe nettoyées, épluchées et lavées avant d'être consommées. Le risque d'ingestion de résidus de terre n'est donc pas pris en compte.

S'il est possible de disposer de données de consommation qui donnent une représentation de la consommation moyenne d'un habitant de la métropole (**ANNEXE VIII**), ces tables de consommation ne permettent pas d'obtenir des données chiffrées applicables en toute rigueur au contexte des départements d'outre mer. Il n'existe pas de régime alimentaire type applicable aux départements de la zone caraïbe. En première approche, trois types d'enquête peuvent renseigner sur le régime alimentaire applicable à la Martinique. Elles sont détaillées dans le tableau ci-après :

Tableau 10 - types d'enquêtes possibles (définition d'un régime alimentaire Martiniquais)

Enquête budget des familles (INSEE) (dernière en date en Martinique: 1995)	Statistiques agricoles (DAF) La Direction de l'agriculture et de la Forêt publie annuellement des comptes départementaux de l'agriculture pour les départements d'outre-mer	Enquête spécifique adaptée à l'évaluation de risque alimentaire
Informations relatives aux dépenses affectées à la consommation par les ménages. Pour chaque aliment considéré (ou groupe d'aliments), on dispose d'une moyenne des dépenses affectées à l'achat dans le circuit commercial. Des enquêtes réalisées par les services de la DDCCRF notamment permettent d'obtenir une estimation moyenne du prix au kg des aliments considérés. Connaissant la dépense par habitant à cette date, on peut ainsi calculer une consommation alimentaire en g/j/personne (par exemple).	Les statistiques agricoles renseignent sur les productions de denrées alimentaires d'origine animale et végétale ainsi que les exportations. Les tonnages non exportés et rapportés à l'habitant donnent une approximation de la consommation	Permet de définir, sur un panel d'individus représentatifs de la population visée (âge, catégorie socio professionnelle...) une estimation des consommations par type d'aliment. Elle peut faire la part des produits locaux et importés, et informer sur les modes de préparation des plats. Elle peut permettre de distinguer le régime alimentaire en fonction de l'âge et du lieu de résidence.

Dans le cadre de cette étude, un recoupement des résultats des deux premières méthodes a été réalisé ainsi qu'une comparaison des données obtenues avec un régime alimentaire métropolitain. La troisième méthode n'a pas pu être mise en œuvre car elle nécessite une enquête particulière. La présentation du raisonnement appliqué pour les 1^{ère} et 2^{ème} méthode est exposée dans l'**ANNEXE X**.

Le bilan des estimations de consommation liées à l'application des deux premières méthodes est récapitulé dans le tableau ci-après :

Tableau 11 - données de consommation dachines et patates douces

Dachines		Consommation moyenne (g / j / habitant)
Première méthode (INSEE)	46	
Deuxième méthode (statistiques agricoles)	66	
Patates douces		Consommation moyenne (g / j / habitant)
Première méthode (INSEE)	3,5	
Deuxième méthode (statistiques agricoles)	5,34	

La consommation de choux caraïbes n'a pas été estimée faute de données, et en raison de la production trop marginale de ces tubercules.

▪ Discussion

La consommation de dachines et de patates douces s'apparente à la consommation de pommes de terre en métropole. Le régime alimentaire métropolitain défini en **ANNEXE VIII** donne une consommation moyenne par habitant de 82,7 g/j. Cette donnée de consommation n'est pas incompatible avec les résultats obtenus au moyen des deux précédentes méthodes, pour des aliments de base.

Les données concernant la production agricole dans le département laissent cependant à penser que la consommation en Martinique de tubercules (toutes natures confondues) est plus élevée qu'en Métropole. Par ailleurs, une étude de l'ORSTOM sur la consommation alimentaire et l'état nutritionnel en Martinique fait état en 1981 d'une consommation moyenne de féculents de 109 g/jour. A l'époque, les productions de dachines, d'ignames et de patates douces étaient équivalentes en quantité selon les statistiques agricoles. Cependant, cette étude ne fait pas de distinction entre les féculents locaux (hors fruit à pain compté par ailleurs dans la ration) [23] (ANNEXE XI).

Sur la base de ce constat, et considérant l'écart entre les deux méthodes et la sous estimation potentielle de chacune d'elle, la valeur maximale (deuxième méthode) a été choisie comme la plus représentative de la consommation par habitant dans le département.

3.6 Evaluation du risque Sanitaire : application à l'HCH β et au chlordécone

3.6.1 Choix des données de consommation

Il est possible de déterminer pour chaque contaminant retrouvé (chlordécone et HCH β) une dose journalière d'exposition (DJE), fonction de la consommation en eau et de l'alimentation de chaque habitant. Aucune exploitation ne peut être réalisée pour le vinchlozoline car il ne concerne qu'un seul résultat (échantillon D/A/1/24 ; cf ANNEXE V).

Le choix des données de consommation a été abordé aux paragraphes 3.5.3.1 et 3.5.3.2. En ce qui concerne les données de contamination :

- **Pour l'eau de consommation**, en l'absence de données représentatives des concentrations moyennes en pesticides au niveau du robinet du consommateur (Cf. 4.1.2) la valeur prise en compte correspond aux concentrations moyennes des molécules retrouvées à l'entrée de l'unité de traitement de Vivé sur la rivière capot [14]. Il s'agit d'une hypothèse maximaliste car cette ressource figure parmi les plus contaminées de la Martinique. Des communes sont alimentées à 100% par cette ressource : Trinité, le bourg de Basse pointe et une partie de la zone nord atlantique (soit approximativement 30 000 habitants).
- **Pour les aliments**, le maximum de concentration ainsi que la médiane ont été sélectionnés en attribuant aux résultats inférieurs au seuil de détection la valeur limite de détection (ex : chlordécone et HCH β : 0,01 mg/kg de poids sec)

3.6.2 Hypothèses de calcul et résultats

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble de nos hypothèses de calcul :

Tableau 12 - hypothèses de calcul ; données de consommation et de contamination

	Données de consommation			Données de contamination	
	Adulte l/j/hab ou g/j/hab	Enfant l/j/hab ou g/j/hab	Nourrisson l/j/hab ou g/j/hab	chlordécone	HCH β
Eau de consommation l/j/hab	2	1	0,75	0,3 $\mu\text{g/l}$ (moyenne)	0,03 $\mu\text{g/l}$ (moyenne)
Alimentation solide de type dachine (g/j/hab)	66	66	0	0,01 mg/kg (médiane) 1,60 mg/kg (maxi)	0,01 mg/kg(médiane) 0,075 mg/kg (maxi)
Alimentation solide de type patate douce (g/j/hab)	5,3	5,3	0	0,01 mg/kg (médiane) 1,87 mg/kg (maxi)	0,01 mg/kg (médiane)

Un document sous EXCEL[®] a été établi permettant de comparer la Dose Journalière d'Exposition (DJE) à la Dose Journalière Tolérable (DJT) (**ANNEXE XII**). Ce document prend en considération la consommation d'eau du réseau et la consommation moyenne journalière de dachines et de patates douces par habitant. On note que l'application au nourrisson n'est pas envisagée compte tenu du régime alimentaire spécifique à cette population.

Les tableaux suivants exposent les calculs de DJT pour les différents types de consommateurs :

Tableau 13 - valeurs toxicologiques de référence

Valeurs toxicologiques de référence (VTR) MRL'S . ADSTR ; ANNEXE VII		
Niveau de risque	HCH beta	chlordecone
Aigu	200 $\mu\text{g/kg/j}$	10 $\mu\text{g/kg/j}$
Intermédiaire	0,6 $\mu\text{g/kg/j}$	0,5 $\mu\text{g/kg/j}$
chronique		0,5 $\mu\text{g/kg/j}$

Tableau 14 - DJT par catégorie d'individu

DJT par catégorie d'individu		
Catégorie	HCH beta (niveau de risque intermédiaire)	Chlordecone (niveau de risque chronique)
Nourrisson	3 $\mu\text{g/j}$	2,5 $\mu\text{g/j}$
Enfant	6 $\mu\text{g/j}$	5 $\mu\text{g/j}$
adulte	36 $\mu\text{g/j}$	30 $\mu\text{g/j}$

3.6.3 Interprétation des résultats

Deux interprétations peuvent être engagées : la première interprétation permettra de conclure ou non sur le respect de la DJT selon les hypothèses de calcul retenues. La seconde informera sur la situation des échantillons végétaux par rapport à la valeur limite calculée permettant de respecter la

DJT considérée, selon les hypothèses de consommation posées. Pour ce dernier point, seule une application relative à l'individu adulte est réalisée.

3.6.3.1 Interprétation à partir des données de contamination rencontrées

Deux types de conclusions peuvent être élaborées à partir des résultats de contamination :

1. La première, qui se voudrait rassurante, considérerait la médiane des résultats d'analyse des dachines et des patates. La dose journalière d'exposition pour les enfants et les adultes, dans l'hypothèse d'une consommation associée de l'eau d'alimentation provenant de la rivière Capot à sa concentration moyenne, et de l'absence d'autres sources de chlordécone et de HCH β , permettrait de conclure au non dépassement de la DJT pour la consommation moyenne journalière de ces tubercules.
2. La seconde conclusion se fonde quant à elle sur les valeurs maximales de concentration atteintes : si on considère les valeurs maximales de concentration relevées, la consommation de certaines dachines ou patates entraînerait une dose d'exposition supérieure à la dose journalière tolérable, selon les hypothèses utilisées .

Tableau 15 - récapitulatif des DJE et fraction de la DJT consommée par molécule et type d'aliment

	Rappel des données de contamination		Doses journalières d'exposition (DJE) et fraction de la DJT consommée			
	chlordécone	HCH β	Chlordécone		HCH β	
			adulte	enfant	adulte	enfant
Eau de consommation 1l/j enfant ; 2 l/j adulte	0,3 $\mu\text{g/l}$ (moyenne)	0,036 $\mu\text{g/l}$ (moyenne)	0,6 $\mu\text{g/j}$ 2 % DJT	0,3 $\mu\text{g/j}$ 6 % DJT	0,072 $\mu\text{g/j}$ 0,2 % DJT	0,036 $\mu\text{g/j}$ 0,6 % DJT
Alimentation solide de type dachine (66 g/j/hab)	0,01 mg/kg (médiane)	0,01 mg/kg (médiane)	0,66 $\mu\text{g/j}$ 2,2 % DJT	0,66 $\mu\text{g/j}$ 13,2 % DJT	0,66 $\mu\text{g/j}$ 1,8 % DJT	0,66 $\mu\text{g/j}$ 11 % DJT
	1,60 mg/kg (maxi)	0,075 mg/kg (maxi)	105,60 $\mu\text{g/j}$ 354 % DJT	105,60 $\mu\text{g/j}$ 2118 % DJT	4,95 $\mu\text{g/j}$ 13,8 % DJT	4,95 $\mu\text{g/j}$ 82,5 % DJT
Alimentation solide de type patate douce (5,3 g/j/hab)	0,01 mg/kg (médiane)	0,01 mg/kg (médiane)	0,053 $\mu\text{g/j}$ 1,06 % DJT	0,053 $\mu\text{g/j}$ 0,18 % DJT	0,053 $\mu\text{g/j}$ 0,15 % DJT	0,053 $\mu\text{g/j}$ 0,88 % DJT
	1,87 mg/kg (maxi)		9,91 $\mu\text{g/j}$ 33 % DJT	9,91 $\mu\text{g/j}$ 198 % DJT		

3.6.3.2 Interprétation à partir d'une limite maximale en résidus permettant de respecter la DJT

Cette démarche est plus proche des raisonnements tenus en matière de contrôle des limites de résidus de pesticides admissibles dans les denrées alimentaires. Elle consiste à déterminer une limite maximale de résidus de chlordécone et de HCH β à ne pas dépasser dans les dachines et les patates, en considérant les autres sources d'apport connues ou supposées, afin de ne pas aller au-delà de la DJT (cf. **Tableau 13** et **Tableau 14**).

Les calculs ont été effectués en postulant que les seules sources de chlordécone et de HCH β sont l'eau de consommation (moyenne rivière Capot), et soit les dachines, soit les patates douces. Les concentrations à ne pas dépasser dans ces tubercules pour rester en deçà de la DJT pour l'adulte de 60 kg figurent dans le tableau suivant :

Tableau 16 - Valeurs limites de concentration à ne pas dépasser pour respecter la DJT – individu adulte

<i>Valeur limite de concentration pour ne pas dépasser la DJT (adulte de 60 kg) (calcul sur la base de la valeur moyenne eau Capot)</i>	DACHINES	PATATES
HCH β	0,55 mg/kg	6,7 mg/kg
Chlordécone	0,45 mg/kg	5,5 mg/kg

Rappelons que ces estimations écartent toute autre source de chlordécone ou de HCH β , et sont fondées sur une consommation moyenne journalière de 66 g de dachines et 5,3 g de patates douces. Pour l'enfant, la valeur limite est à réduire en proportion des rapports de poids corporel (ainsi que de la consommation de tubercules, qui est probablement inférieure).

▪ **Distribution des résultats par rapport à ces limites :**

- **Dachines et chlordécone**

Tableau 17 - distribution des résultats (dachines et chlordécone)

Nb. de dachines analysés	Nb. de résultats > seuil de détection	Nb. de résultats > valeur limite calculée (cf. tableau15)
63	7	5

- **Patates douces et chlordécone**

Tableau 18 - distribution des résultats (patates douces et chlordécone)

Nb. de patates analysées	Nb. de résultats > seuil de détection	Nb. de résultats > valeur limite calculée (cf. tableau15)
10	4	0

- **Dachines et HCH β**

Tableau 19 - distribution des résultats (dachines et HCH beta)

Nb. de dachines analysés	Nb. de résultats > seuil de détection	Nb. de résultats > valeur limite calculée (cf. tableau15)
63	2	0

- **Patates douces et HCH β**

Tableau 20 - distribution des résultats (patates douces et HCH beta)

Nb. de patates analysées	Nb. de résultats > seuil de détection	Nb. de résultats > valeur limite calculée (cf. tableau15)
10	0	0

▪ **Bilan :**

Ces résultats montrent que seul le chlordécone est susceptible d'atteindre dans certains dachines une concentration supérieure à la valeur calculée correspondant à la DJT pour l'adulte.

3.7 Discussion

▪ **Sur l'évaluation du risque sanitaire**

On n'observe pas de dépassement de la DJT pour le HCH β et le chlordécone en matière d'exposition par la voie alimentaire (eau de consommation et alimentation solide de tubercules de type dachine) en considérant les valeurs moyennes dans l'eau et médianes dans les aliments analysés. Toutefois, certains dachines dépassent la valeur calculée compatible avec le respect de la DJT.

▪ **Limites de l'évaluation**

Le fait que certains végétaux concentrent le chlordécone et dans une moindre mesure le HCH β et pas d'autres pose question. Les dachines contaminés se retrouvent dans les parcelles 4 et 5. Les parcelles 1 et 2 ne présentent pas de dachine contenant du chlordécone au-dessus du seuil de détection. Il est à ce stade difficilement envisageable de travailler sur une concentration moyenne, et il paraît nécessaire de réaliser des essais de culture afin d'explicitier ces résultats et d'en savoir plus sur le comportement des végétaux cultivés sur ce type de sol comme l'effet variétal, ou le rôle de la micro-hydraulicité du sol au voisinage du tubercule, ou bien d'autres facteurs... Il est par ailleurs nécessaire de réaliser une expérimentation sur le chou caraïbe et d'autres tubercules, ignames notamment. Ces propositions seront développées au paragraphe 4.1.1.2

Les valeurs moyennes pour l'eau de consommation issue de la rivière Capot ont été retenues. Or, la moyenne arithmétique n'est pas toujours la valeur la plus représentative de l'exposition moyenne de la population lorsque la concentration est sujette à de fortes variations. Toutefois le grand nombre d'analyses obtenues sur l'eau de la rivière Capot depuis plus de deux ans permet de considérer cette valeur comme représentative.

Le laboratoire départemental d'analyses de la Drôme (LDA26) n'est pas accrédité COFRAC pour l'analyse des résidus de pesticides dans les aliments (programme 99-2). Même si les méthodes analytiques sont identiques à celles de laboratoires accrédités, il convient de ne pas occulter d'éventuelles variations quant aux résultats des mesures engagées. Néanmoins, compte tenu du fait que toutes les analyses ont été réalisées selon le même protocole, l'erreur de mesure, s'il elle existe, devrait être identique d'un résultat à l'autre.

Le substrat végétal sur lequel sont faites les analyses nécessite une préparation, et une extraction des molécules. Le rendement d'extraction du chlordécone peut être différent entre les dachines et les patates, de même que des interférences (que le laboratoire est censé détecter et éliminer), liées à la nature même du substrat, pourraient être à l'origine d'un écart de concentrations entre ces végétaux, indépendamment des effets liés à l'espèce ou au sol.

Les hypothèses de départ tablent sur des effets non cancérigènes (aucune molécule retrouvée n'est classée cancérigène par le CIRC ou l'EPA). Il n'a pas été pris en compte les éventuelles possibilités d'addition des risques [21] ou de potentialisation des effets des molécules entre elles.

L'estimation de la consommation des aliments considérés se base sur une évaluation de la consommation avec un recoupement entre des sources de données que sont les statistiques de consommation des ménages et les données des statistiques agricoles de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt. Ces estimations peuvent être entachées d'erreurs. Elles paraissent toutefois compatibles avec les données métropolitaines sur les consommations de tubercules féculents, et celles de l'étude de l'ORSTOM publiée en 1982, qui peut laisser supposer à l'époque une consommation plus importante de patates douces.

Les dachines et les patates sont des aliments qui nécessitent, lors la préparation culinaire, une cuisson de l'ordre de 20 minutes par ébullition. Dans ces conditions, il est difficile de déterminer le comportement des molécules retrouvées. Les molécules mères peuvent se transformer en métabolites dont le comportement toxicologique peut être différent.

Il est en outre considéré que toutes les molécules ingérées sont assimilées par l'organisme, sans aucune excrétion. Il est également rappelé que pour des commodités d'étude, et afin de prendre en compte le risque eau maximum actuellement connu, cette évaluation de risque sanitaire porte sur la consommation d'eau produite à partir de la rivière capot, sans prise en compte des autres ressources en eau qui alimentent la Martinique (la dilution par d'autres ressources reste possible). Toutefois, les calculs montrent que les apports dus à l'eau restent minoritaires, pour une consommation significative de tubercule, même en prenant pour valeur de concentration dans ceux-ci le seuil de détection : pour un adulte consommateur journalier de 66g de dachines à 0,01 mg/kg, 47% de la dose journalière d'exposition est liée à l'eau pour le chlordécone et 10% pour le HCH β .

Il n'est pas considéré d'autres sources de chlordécone ou de HCH beta que l'eau de consommation, les dachines et les patates douces. Or il n'est pas possible d'écarter l'hypothèse que d'autres sources d'exposition alimentaire à ces molécules existent en Martinique, considérant leur persistance et leur faculté à s'accumuler dans les tissus adipeux des êtres vivants. D'autres végétaux, les poissons, les crustacés et autres organismes marins, le bétail pourraient être des sources alimentaires d'organochlorés.

Pour le nourrisson, on ne peut écarter la consommation de lait maternel comme source potentielle d'organochlorés, si la mère a été exposée. L'allaitement mobilise en effet les toxiques lipophiles et c'est une des principales sources d'exposition de l'enfant pour l'OMS [24] Ce point sera développé au paragraphe 4.1.5.

4 Axes d'intervention

Afin de pouvoir poursuivre dans les meilleures conditions une évaluation des risques pour la santé dus aux pesticides en Martinique et réduire l'exposition des populations, il paraît possible de proposer quelques pistes d'action.

4.1 Acquérir les données nécessaires à l'amélioration de l'évaluation de risque

4.1.1 Alimentation solide

4.1.1.1 Définition d'un régime alimentaire caractéristique

Il n'existe pas de régime alimentaire établi pour les département tropicaux. Il est nécessaire de disposer d'informations sur ce domaine si l'on souhaite engager des évaluations de risques sanitaires tenant compte de l'alimentation solide. Pour obtenir des données de consommation, plusieurs axes de travail sont possibles :

- Réaliser (au titre du GREPHY ou en parallèle) une enquête alimentaire suffisamment fine pour connaître précisément la consommation locale : une enquête du type « consommation et budget des ménages » de l'INSEE, par les agrégats qu'elle met en œuvre, ne permet pas en effet de disposer d'informations suffisamment précises.
- Solliciter l'agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) pour qu'une enquête soit menée sur la consommation. Il ne s'agit pas seulement de déterminer la consommation-type d'une famille, il faudra déterminer le régime alimentaire de différentes catégories de population, en fonction de l'âge, du lieu de résidence et du niveau socio-économique. Il faudrait disposer *in fine* d'éléments de gestion de risque, pas seulement d'outils d'évaluation d'une exposition moyenne.

4.1.1.2 Amélioration de la connaissance des niveaux de contamination des aliments

Outre l'amélioration qualitative des recherches et contrôles des services de l'Etat (Cf. 2.5) en fonction des données de consommation, des études complémentaires peuvent être menées. A titre d'exemple, la Food and Drug Administration (FDA) utilise la méthode du régime complet. La FDA s'approvisionne dans des supermarchés ou magasins d'alimentation dans chaque région géographique du pays. Elle achète les mêmes aliments (y compris les viandes), sélectionnés à partir de données d'études diététiques nationales, pour obtenir le régime américain type. Ces aliments sont ensuite préparés comme le ferait le consommateur, par une recette normale. Les aliments préparés sont analysés pour rechercher les résidus de pesticides¹⁴. Cette méthode est également développée dans d'autres pays d'Europe. En France, il n'existe pas de programme « régime complet » mené chaque année comme aux Etats Unis. La seule enquête de ce type qui a été réalisée en France en 1999 portait sur 10 pesticides [18]. Cette méthode peut être envisageable pour évaluer directement l'exposition moyenne de la population aux pesticides présents dans l'alimentation. Pour limiter les coûts d'une telle étude et augmenter la puissance statistique, il est nécessaire de définir un panel réduit de molécules. Le choix de ces molécules peut s'effectuer selon les usages locaux, la toxicité, l'importance suspectée des niveaux de résidus, la stabilité (résistance à la chaleur, à l'oxydation...), la connaissance des métabolites...

Il paraît indispensable de réaliser au plus tôt des essais de culture de l'ensemble des produits vivriers martiniquais, sur les différents types de sols pollués par les organochlorés, incluant des essais variétaux, ainsi qu'une analyse fine des conditions édaphiques pouvant conditionner le transfert sol-

¹⁴ Secrétariat Américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques - FDA Consommateur Juin 1993 -- Extraits

végétal, afin de caractériser les risques de transfert dans ces denrées alimentaires et d'en tirer les conséquences en matière de gestion de risque.

Une démarche particulière devrait être menée pour connaître le degré de contamination par les molécules organochlorées des denrées animales (et notamment d'origine bovine). Si des élevages sont situés dans des bassins agricoles dont la contamination des sols et des ressources en eau par ces molécules est avérée, il serait souhaitable, en partenariat avec les services vétérinaires départementaux, d'engager des analyses de pesticides organochlorés sur les produits alimentaires carnés commercialisés provenant de ces élevages.

Par ailleurs, des études relatives à la contamination de la ressource halieutique, particulièrement exposée à ces polluants persistants, doivent être réalisées. L'examen des résultats des sols met en évidence une contamination majeure par le chlordécone. Avec l'érosion et la migration dans les zones saturées du sol, cette molécule peut se retrouver dans le milieu aquatique et arriver au droit de son exutoire final, la mer. Les résultats des analyses de la DSDS et de la DIREN en eaux superficielles en attestent. La stabilité de cette molécule et son caractère lipophile entraînent un risque fort de contamination des sédiments marins littoraux et des ressources halieutiques. En effet, dans une note remise au groupe de travail Eau et Agriculture du Comité de Bassin, A.DELAUNAY, du CIRAD, rappelait que dans une région à morphogénie active comme la Martinique on pouvait considérer comme normale une érosion des sols de 12 t/ha/an [25]. Ce constat doit orienter les mesures de contamination et d'évaluation de risque vers les ressources halieutiques.

En conclusion sur la caractérisation de l'exposition par voie alimentaire, deux approches complémentaires paraissent devoir être menées parallèlement : un travail en vue de déterminer l'exposition moyenne de la population aux différents pesticides, avec tous les aléas liés aux pratiques actuelles de traitement, et la recherche systématique des aliments présentant un risque de contamination par les organochlorés largement diffusés dans l'écosystème insulaire, afin de limiter au plus vite l'exposition des populations à ces molécules.

4.1.2 Eau de consommation et autres ressources en eau :

- Les données obtenues lors des contrôles sanitaires au niveau des stations de traitement et des captages ne reflètent pas l'exposition réelle compte tenu de l'interconnexion des réseaux. On peut cependant réaliser une analyse de risque par excès en considérant les valeurs maximales attendues à partir de la ressource la plus atteinte. Une approche plus fine consisterait à réaliser des campagnes de prélèvements en distribution. Une autre approche partirait d'une modélisation des réseaux avec des comptages permettant de connaître les débits attribuables à chaque ressource et de mieux cerner l'exposition.
- Sources et fontaines utilisées par le public : toutes les sources utilisées par le public identifiées, notamment celles situées dans les bassins agricoles du nord de la Martinique, devraient faire l'objet d'analyses de pesticides et plus particulièrement des pesticides organochlorés. En fonction des résultats et des éventuels risques détectés, l'information du public doit être réalisée au moyen de panneaux d'affichage ;
- Les démarches de protection des captages d'eau potable doivent être accélérées au même titre que les actions élaborées en comité de bassin et dont le GREPHY est chargé de la mise en œuvre. La définition de pratiques agricoles améliorées pour éviter les pollutions des eaux et leur mise en œuvre ne dispensera pas toutefois de réaliser les traitements nécessaires pour éliminer les organochlorés dans les eaux de distribution contaminées.

- Les conséquences de la pollution des autres ressources en eau qui sont susceptibles d'affecter les écosystèmes et certaines productions alimentaires devront être évaluées, notamment sur la production halieutique d'eaux douces et d'eaux marines.
- Les contrats territoriaux d'exploitation (CTE), outils de mise en application de méthodes de production améliorées, et de respect d'un développement agricole durable, doivent intégrer les mesures qui permettront de restaurer la qualité des eaux issues de bassins versants à forte pression agricole. Leur mise en œuvre devra être combinée avec les mesures réglementaires de protection des captages d'eau potable.

4.1.3 Qualité de l'air extérieur

Les méthodes de mesure des pesticides dans l'atmosphère elle-même, ne sont pas encore opérationnelles en dehors des laboratoires de recherche. Dans l'attente d'orientations météorologiques plus précises susceptibles d'être obtenues par le LERES de l'ENSP, des mesures des pesticides présents dans les eaux météoriques en utilisant les réseaux de pluviomètres en place (Météo France, CIRAD...) seraient susceptibles de donner des orientations quant à la présence de certaines molécules dans le compartiment aérien. De telles campagnes d'analyse pourraient être mises en œuvre sans difficulté, toutefois leur interprétation serait à effectuer avec prudence, la relation entre concentration atmosphérique et concentration dans l'eau de pluie n'étant pas aisée à appréhender.

4.1.4 Exposition domestique

En 1973, la thèse de M. MARTIN mettait en évidence l'imprégnation de tissus humains par des pesticides organochlorés [19]. Paradoxalement, les teneurs les plus élevées avaient été observées chez les personnes les moins exposées professionnellement aux pesticides agricoles. La désinsectisation domestique était alors suspectée être l'une des sources d'exposition majeure à ces molécules. Il serait souhaitable de réaliser une enquête qui permettrait :

- de connaître la composition des pesticides utilisés actuellement pour la désinsectisation domestique et les autres usages (fongicides) ;
- de cerner l'utilisation antérieure et passée de ces produits ;
- d'apprécier les quantités utilisées dans le département

On est en droit de se soucier des modalités d'application de certains traitements. A titre d'exemple, la lutte chimique contre les termites nécessite d'injecter le produit dans les sols pour constituer des « barrières chimiques » autour des bâtiments. Or, il serait souhaitable de connaître les possibilités de perméation des substances utilisées à travers les conduites d'eau potable enterrées. L'atteinte aux nappes d'eau et milieux aquatiques devrait également être évaluée et des mesures de gestion de risque mises en œuvre dans ce domaine.

L'exposition des populations aux produits phytosanitaires à usage domestique doit ainsi être mieux appréhendée. L'usage souvent immodéré des insecticides en milieu domestique illustre la dichotomie qui existe entre le risque accepté et le risque subi puisque le seuil de tolérance psychologique du public aux polluants dans l'eau de consommation est faible alors que l'exposition plus ou moins volontaire aux pesticides domestique est bien tolérée sans que cette exposition soulève des inquiétudes de la part de la population. Un effort de sensibilisation doit être engagé pour réduire la consommation de pesticides à usage domestique et les utiliser dans des conditions optimales.

4.1.5 Etat d'imprégnation des tissus

Dans le prolongement de l'étude de M. MARTIN [19], une nouvelle étude sur l'état d'imprégnation de la population martiniquaise par les organochlorés notamment pourrait être menée auprès de populations choisies (étude de cohorte¹⁵).

Par ailleurs, le lait maternel étant une source potentielle d'exposition aux organochlorés, des analyses devraient être réalisées et contribueraient à la connaissance de l'exposition des nourrissons. Les données toxicologiques de l'HSDB renseignent sur les possibilités d'excrétion de molécules comme le DDT, le chlordécone ou encore l'HCH γ dans le lait maternel (**ANNEXE VI**). Un article récent paru dans une revue de toxicologie fait le point sur la question [20].

Dans l'attente, une enquête sur la contamination éventuelle du lait de mammifères élevés dans les zones contaminées par les organochlorés, potentiellement exposés par la consommation de terre (broutage en période sèche), d'eau ou de fourrage contenant ces molécules, pourrait déjà donner des indications sur le risque de concentration dans les graisses animales.

Des études sur la faune, à l'instar des travaux menés par CAVELIER et SNEGAROFF en 1977 et 1978, et de ceux que mène actuellement l'INSERM en Guadeloupe sur les rats noir et gris, la souris et la mangouste en collaboration avec l'Office National de la Chasse et le laboratoire de la faune Sauvage de l'INRA, pourraient être développées en Martinique, afin d'appréhender le risque de bioconcentration des organochlorés dans la chaîne trophique terrestre.

4.1.6 Effets des pesticides sur la population

L'INSERM mène une étude actuellement sur la fertilité masculine en Guadeloupe. Considérant le rôle reconnu de perturbateur endocrinien à certains pesticides, les risques d'entraîner des troubles de la reproduction ne sont pas à exclure [3]. Cet institut projette de réaliser une étude sur une cohorte de femmes enceintes afin d'étudier les éventuels troubles de développement intra-utérin attribuables à l'exposition aux pesticides suspectés d'affecter les fonctions endocriniennes.

Outre ces réalisations et projets de l'INSERM, il convient de saisir rapidement les instances nationales de la situation de risque existant en Martinique, et de même en Guadeloupe, relativement à la contamination des milieux par les organochlorés, afin que soient décidées les études adéquates sur la santé des populations.

4.2 Poursuivre et développer des actions de gestion du risque pesticides

4.2.1 Homologation des pesticides dans les DOM et faiblesses du contexte réglementaire

Dans leur rapport d'inspection de 1998, MM. BALLAND, MESTRES et FAGOT soulignaient l'inadaptation de la procédure d'homologation des spécialités commerciales appliquées sur certaines cultures, maraîchères notamment [1].

La confection d'un dossier d'homologation étant coûteuse, les fabricants ne sollicitent l'homologation de leur produit que pour les usages majeurs, permettant de rentabiliser les coûts du dossier à constituer. Or dans les DOM, compte tenu des pratiques agricoles marginales par rapport à l'agriculture métropolitaine, les exploitants agricoles ne disposent pas d'un panel suffisant de produits

¹⁵ Une étude de cohorte, en épidémiologie, est l'étude prospective d'une population d'individus exposés à un risque, en comparaison du suivi d'une population de mêmes caractéristiques, mais non exposés à ce même risque.

homologués leurs permettant de lutter efficacement contre les ravageurs. A titre d'exemple, aucun produit phytosanitaire n'est autorisé pour la culture de l'igname. Il s'ensuit un détournement de l'usage initial de certaines spécialités. Outre le non-respect de la réglementation en vigueur, ces détournements d'usage peuvent comporter des risques consécutifs au dépassement des limites maximales en résidus de pesticides tolérables pour garantir la sécurité du consommateur¹⁶. Le Service de la Protection des Végétaux de la Martinique a saisi la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) du Ministère chargé de l'agriculture de cette situation particulière.

Le diagnostic des usages qui est en cours de réalisation à l'initiative du GREPHY permettra de connaître les utilisations inadéquates de produits phytosanitaires, de faire un bilan de la situation, de préciser les pratiques les plus risquées et de rechercher des solutions adaptées pour que les productions locales puissent être maintenues dans un cadre réglementaire et le respect des contraintes de protection de l'environnement et de la santé.

4.2.2 Connaissance des mécanismes de transfert des xénobiotiques

Il serait intéressant de préciser, sur la base des résultats obtenus à l'échelle de la parcelle, les mécanismes qui gouvernent localement les transferts de pesticides dans les horizons du sol, leur migration horizontale, leur immobilisation ou encore leur dégradation...

Un « effet sol » pourrait être recherché, en partenariat avec le Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et le Bureau de la Recherche Géologique et Minière (BRGM). Cette étude complémentaire pourrait s'étendre à une cartographie des sols contaminés dans le département.

La durée prévisible de la contamination des sols et des eaux par les organochlorés doit être déterminée à partir de bilans hydriques et de leur potentiel de mobilisation. L'exportation éventuelle par érosion et les cultures doit évidemment être prise en compte.

4.2.3 Gestion des déchets

Actuellement, certaines pratiques consistent à brûler et à enfouir sans précaution les déchets (emballages et reliquats de traitements). Le programme d'action du comité de bassin recommande l'organisation pérenne de collectes des produits périmés ou non utilisés, ainsi que des emballages. Il est urgent de réaliser ces opérations qui n'ont pas encore été mises en œuvre, et seront de nature à limiter les risques de pollution des milieux.

Il n'est pas impossible que des stocks d'anciens organochlorés existent encore dans des exploitations, malgré les collectes réalisées par certains groupements bananiers. Il est impératif de récupérer ces produits en totalité, de dégager les moyens de les détruire, et de sensibiliser leurs détenteurs éventuels des graves pollutions qu'entraînerait leur abandon en milieu naturel.

Au sujet des pratiques actuelles, une façon de réduire les pertes et la production de déchets consisterait à privilégier l'usage de matériels utilisant des solutions de traitement concentrées, diluées directement lors des applications.

¹⁶ On ne devrait même pas parler dans ce cas de dépassement de la LMR, puisque le produit n'étant pas homologué, celle-ci n'a pu être fixée pour la culture considérée.

4.2.4 Pesticides utilisés en voirie et espaces verts

Une enquête doit être engagée auprès des services concernés (Direction départementale de l'équipement, collectivités locales) visant à cerner les pratiques en matière d'entretien du domaine public et de dégager des priorités permettant de réduire les éventuelles expositions ainsi que les risques de pollutions environnementales.

4.2.5 Connaissance des métabolites pertinents et « traitabilité » des pesticides.

Une étude sur ce sujet a été proposée par la DSDS de la Martinique et le Laboratoire de Chimie des Eaux et de l'Environnement de l'université de Poitiers, dans le cadre d'une thèse. Le Conseil Général de la Martinique a décidé d'en assurer la maîtrise d'ouvrage, et d'installer un pilote de traitement à la station de Vivé utilisée pour l'alimentation en eau de consommation de la façade nord-atlantique et du sud de l'île. Certaines matières actives non détectées actuellement dans les eaux, outre celles qui ne sont pas accessibles aux laboratoires, pourraient en effet être présentes sous forme métabolisée, et certains de ces sous-produits pourraient présenter une toxicité non négligeable. Les essais de traitement par charbon actif des molécules susceptibles de contaminer les ressources en eau potable devront être utilisés pour orienter les mesures à prendre pour la protection des bassins versants des ressources en eau potable, si les traitements mis en place pour retenir les organochlorés ne sont pas capables d'arrêter certaines molécules.

4.3 Assurer une communication sur les risques liés aux pesticides

Une jurisprudence récente du tribunal administratif de Rennes¹⁷ fait état d'une condamnation de l'Etat à verser des dommages et intérêts à la société Suez Lyonnaise des Eaux pour avoir manqué à son devoir de lutte et de prévention face à la pollution azotée (gestion et contrôle des installations classées potentiellement polluantes pour les ressources en eau). Cette décision est consécutive à une distribution d'eau de consommation non conforme à la réglementation en vigueur (décret n°89-3 du 3 janvier 1989 modifié), pour le seul paramètre nitrate. Dans son réquisitoire, M. Jean François COËNT, commissaire du Gouvernement, précise que « l'Etat doit veiller, au nom de l'intérêt général, sur les intérêts supérieurs de la nation au nombre desquels se trouvent la protection de l'environnement et de la santé ». Cette jurisprudence risque d'engendrer de nouveaux contentieux où l'Etat aura manqué à son devoir d'information, de prévention et de précaution.

Une directive du conseil n°90/313/CEE du 7 juin 1990 fixe les conditions d'accès à l'information concernant l'environnement : qualité de l'air, de l'eau ou encore du sol. Cette directive sera transposée en droit Français par ordonnance comme le prévoit la loi 2001-1 du 3 janvier 2001.

Cette évolution réglementaire place la puissance publique dans un contexte d'obligations renforcées vis à vis de l'information des populations sur les données concernant la qualité de l'environnement et *a fortiori* lorsque celle-ci peut présenter une atteinte potentielle à la santé. Au sens de cette directive, toute personne est fondée, sous certaines conditions, à obtenir les informations dont disposent les autorités publiques. Sur cette base, il apparaît plus que jamais nécessaire d'informer la population des données concernant son environnement et des mesures adoptées pour réduire les éventuelles nuisances constatées et les risques suspectés. Cette démarche permet de désamorcer d'éventuels recours contentieux (en augmentation constante devant les tribunaux administratifs), les craintes non fondées de la population ou encore des spéculations potentielles qui nuisent à l'action des services.

¹⁷ Tribunal Administratif de RENNES – n°97182 – audience plénière du 18 avril 2001.

Le fait de rendre accessibles au public les éléments de connaissance qui sont pris en compte dans la gestion du risque, ainsi que des références qui lui permettent de relativiser celui-ci par rapport aux autres situations de risque dans lesquelles il vit au quotidien paraissent de nature à limiter les conflits. La confiance du public dans les structures administratives sera d'autant plus limitée que l'accès à l'information lui permettant d'apprécier les choix réalisés (et ses déterminants) sera réduit.

4.4 Conséquences en termes d'organisation

4.4.1 Base de données de la Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie (CIRE)

La CIRE réalise en collaboration avec les partenaires intéressés une base de données permettant de rassembler les informations contribuant à la mesure de l'exposition de la population aux pesticides. Cet outil doit devenir le support de toutes les connaissances locales en matière de diffusion des molécules dans l'environnement et l'alimentation, et donner l'information sur les pratiques de traitement actuelles.

Cette base de données, qu'il faudra interfacer avec un système d'information géographique, doit permettre de faciliter la mise en évidence des voies privilégiées d'exposition aux pesticides, et de déceler d'éventuelles populations à risque.

Il serait intéressant que la base de données de la cellule interrégionale d'épidémiologie (CIRE) permette d'identifier des molécules ayant des sites d'action identiques et dont les effets pourraient être additionnés. En effet, dans l'état actuel des connaissances, et en l'absence d'information spécifique sur le mélange de toxiques évalué, il est convenu de considérer qu'il n'y a pas d'interaction entre les effets des molécules en présence. Mais une simple addition des risques peut être réalisée lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe cible de plusieurs substances sont identiques [21].

4.4.2 Groupe Régional Phytosanitaire (GREPHY)

Par arrêté n°01.2074 du 31 juillet 2001, le Préfet de la région Martinique fixe la composition et le mandat du Groupe Régional Phytosanitaire, le GREPHY. Cette structure est créée sur la base de circulaires des Ministères chargés de l'agriculture, de l'environnement et de la santé. C'est une structure qui intègre les professionnels, les organismes et chambres consulaires qui ont compétence en matière de produits phytosanitaires, ainsi que les représentants de la société civile (collectivités territoriales, associations...).

Les conséquences de la pollution des sols par les organochlorés, notamment le chlordécone, et potentiellement des cultures qui y sont pratiquées, nécessitent une saisine du GREPHY pour poursuivre l'évaluation de risque en mobilisant les moyens locaux et mettre en place les mesures de gestion appropriées en concertation avec tous les organismes concernés .

Le GREPHY est une instance dont l'animation demande un fort investissement de la part des services qui en sont chargés. Compte tenu des enjeux, et afin de pouvoir faire fonctionner cette instance de façon satisfaisante et atteindre les objectifs fixés. il est apparu nécessaire aux services animateurs de renforcer les équipes en place en créant un secrétariat permanent chargé de l'animation et disposant d'un personnel affecté.

Conclusion

Si l'usage des produits de traitement phytosanitaire actuels présente toujours des risques pour les applicateurs, les milieux de vie et la qualité de l'alimentation, qu'il faut s'employer à maîtriser et à réduire autant que faire se peut, le problème posé par les organochlorés anciennement utilisés est tout autre.

On a utilisé en Martinique (et en Guadeloupe) pendant plus de 40 ans des produits dont le potentiel de dégradation est si faible qu'il a conduit à leur abandon sinon à un usage strictement limité à partir des années 1970. Parmi ces molécules, le chlordécone est celle qui présente la durée de vie la plus longue par sa structure.

En Martinique, et sans doute aussi en Guadeloupe, l'ensemble de la sole bananière est probablement contaminée. Les conséquences pour les eaux issues de ces bassins versants avaient déjà été mises en évidence en 1977 en Guadeloupe. Cette pollution à long terme a été négligée pendant plus de 20 ans (il est à ce sujet caractéristique qu'il n'en soit aucunement fait mention dans le rapport de la mission d'enquête de 1998). Le retrait du Curlone[®] opéré en 1993 semble avoir favorisé le désintérêt pour cette molécule. Pourtant, un mémoire portant sur l'évaluation des risques de pollution des eaux par les pesticides en Guadeloupe mentionnait le chlordécone comme source d'une pollution potentielle très préoccupante [26]. La présence de cet organochloré dans les milieux aquatiques fut à nouveau décelée par le contrôle sanitaire amélioré de l'eau potable en juin 1999 en Martinique, puis en Guadeloupe dans les mois qui suivirent. En outre, la présente étude a montré que le transfert de ces molécules dans des produits alimentaires de base aux Antilles (dachines, choux caraïbes et patates douces) est possible.

Les études menées en Guadeloupe en 1978-1980 ainsi que l'expérience américaine ont montré que c'est l'ensemble des chaînes trophiques qui peut être contaminé en raison de la persistance, du caractère lipophile et bio-accumulable de ces molécules.

La Martinique, ainsi que la Guadeloupe, et sans doute d'autres régions de production au monde sont ainsi dans une problématique de milliers d'hectares de terres agricoles potentiellement polluées, dont les eaux de percolation et les matériaux entraînés par l'érosion ont contaminé et contamineront pour des années encore les milieux aquatiques insulaires et marins.

L'homme a été exposé à ces molécules lorsqu'elles étaient utilisées, et l'est encore 10 ans après la fin de leur application. Il convient donc de mettre en place une évaluation de risque globale pour ces départements, portant à la fois sur les écosystèmes et sur la santé des populations de ces îles, ainsi qu'une gestion de risque permettant de déterminer au plus tôt les sources majeures d'exposition et d'y soustraire les populations concernées.

Cette situation démontre une nouvelle fois l'intérêt de garder la mémoire des pratiques que l'évolution des connaissances a révélées dangereuses à long terme pour les écosystèmes, et de ne pas considérer un problème comme réglé lorsque celle-ci a été abandonnée.

Par ailleurs, l'étude des effets sur la santé pouvant résulter de ces expositions paraît devoir être menée sur deux axes compte tenu des connaissances disponibles sur les effets qui leur seraient potentiellement attribuables : certes il convient de travailler sur les risques de cancer, avec toute la difficulté de reconstituer des expositions sur le long terme, et le caractère multifactoriel de ces affections, mais il est également souhaitable de travailler sur les effets endocriniens et neurologiques, qui se manifesteraient à plus court terme, et sont actuellement considérés comme une hypothèse très pertinente par les chercheurs de l'INSERM.

En matière d'information enfin, et afin de prévenir les dramatisations qui découlent du manque de transparence et nuisent souvent à la mise en œuvre d'actions proportionnées aux risques, il est plus que jamais nécessaire d'éveiller la conscience du public à la nature des risques sanitaires et à leur gestion, et d'informer largement sur les déterminants des choix réalisés.

Références des annexes

ANNEXE I	Molécules retrouvées dans les eaux d'alimentation en Martinique
ANNEXE II	Description pédologique sommaire des parcelles
ANNEXE III	Résultats des contrôles de résidus de pesticides dans des tubercules réalisés par les services départementaux de la consommation et de la répression des fraudes en France pour l'année 1998
ANNEXE IV	Protocole de prélèvement
ANNEXE V	Résultats des contrôles de résidus de pesticides dans les sols, dachines, patates douces et choux caraïbes
ANNEXE VI	Principales données toxicologiques concernant les molécules organochlorées recherchées
ANNEXE VII	Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances de l' ATSDR
ANNEXE VIII	Régime alimentaire métropolitain (CREDOC)
ANNEXE IX	Données de consommation issues de l'enquête « consommation des ménages » de l'INSEE en 1995 ; estimation de la consommation en dachine et patate douce en Martinique
ANNEXE X	Estimation des consommations de dachines et de patates douces
ANNEXE XI	Régime alimentaire martiniquais - ORSTOM - 1982
ANNEXE XII	Evaluation des risques sanitaires : comparaison de la DJE à la DJT
ANNEXE XIII	Cartes des eaux contaminées par HCH β et chlordécone

Références bibliographiques¹⁸

références bibliographiques visées dans le texte :

- [1] BALLAND, MESTRES, FAGOT. 1998. *Rapport sur l'évaluation des risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires en Guadeloupe et en Martinique*. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement – Ministère de l'agriculture et de la pêche. Affaire n°1998–0054–01, Paris, France
- [2] FOURNIER J. *Chimie des pesticides*. Agence de coopération culturelle et technique (ACTA).
- [3] BALDI *et al.* 1998. *Effets retardés des pesticides sur la santé : état des connaissances épidémiologiques*. Revue Epidémiologie et santé publique. Paris. France
- [4] DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET (DAF) de Martinique. *Memento de Statistique agricole et rural – comptes départementaux de l'agriculture*. in AGRESTE 2000.
- [5] KERMARREC A. 1980. *Niveau actuel de la contamination des chaînes biologiques en Guadeloupe : pesticides et métaux lourds*. 1979-1980. Institut national de la recherche agronomique (INRA), station de zoologie et lutte biologique, rapport INRA n°7883, petit bourg, France.
- [6] DARTENUCQ A. , GOUSSELAND J. Historique et perspectives de la lutte contre les ravageurs de la bananeraie, in [5]
- [7] KERMARREC A. Incidence des techniques agricoles sur la schistosomose humaine en zone bananière, in [5]
- [8] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY *Human population exposure to Mirex and Kepone Dossier EPA 600 1.78.645, juin 1978*.
- [9] KERMARREC A. , MALATO G. Synthèse bibliographique des pollutions liées à l'utilisation du perchlordécone dans la lutte contre les fourmis, in [5]
- [10] CAVELIER N. Contamination de la faune par les pesticides organochlorés, in [5]
- [11] DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES de Martinique (DDASS) – Etude des risques de contamination des eaux de consommation par les pesticides en Martinique ; rapport au Conseil Départemental d'Hygiène, séance du 14 octobre 1999 ;
- [12] DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES de Martinique (DDASS) – Pesticides et Alimentation en Eau Potable en Martinique – Etat des lieux et position sanitaire ; rapport au Conseil Départemental d'Hygiène, séance du 19 octobre 2000
- [13] DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES de Martinique (DDASS) – Pesticides et Alimentation en Eau Potable en Martinique – Etat des lieux et position sanitaire ; bilan actualisé en octobre 2001
- [14] DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT Martinique – Bilan actualisé des campagnes de mesure des pesticides dans les eaux superficielles ; Présentation au Groupe Régional Phytosanitaire ,octobre 2001
- [15] PERRIN GANIER C. 1998. *Sol et environnement : le devenir des pesticides et polluants organiques*. In OCL, vol 5, n°5. Institut National de la Recherche Agronomique. Vandoeuvre les Nancy, France.
- [16] SNEGAROFF J. 1977. *Les résidus d'insecticides organochlorés dans les sols et les rivières de la région bananière de Guadeloupe*. In Phytatrie – Phytopharmacie, n°26, p. 251-268.

¹⁸ La majeure partie de la bibliographie listée est disponible à la Direction de la Santé et du Développement Social (DSDS) – Service Santé Environnement

- [17] CAISSE GENERALE DE SECURITE SOCIALE DE LA MARTINIQUE (CGSS). 2000. *L'utilisation des produits phytosanitaires en Martinique – résultats de l'enquête menée en 1999 – 2000*. CGSS, le Lamentin, France.
- [18] ECOLE NATIONALE DE LA SANTE PUBLIQUE (ENSP). 2001. *Bilan des modalités de surveillance de la contamination par les produits phytosanitaires de l'eau et des denrées alimentaires*. Laboratoire d'Étude et de Recherche en Environnement et Santé (LERES), Rennes, France.
- [19] MARTIN M. 1973. *Les pesticides organochlorés – recherches des résidus dans le tissu adipeux humain et animal en Martinique*. Thèse de doctorat en médecine.
- [20] HANA R. POHL, CAROLYN A. TYLEND, Breast-feeding exposure of infants to selected pesticides : a public health viewpoint, in *Toxicology and Industrial Health* (2000) 16, p. 65-77
- [21] INSTITUT NATIONAL DE VEILLE SANITAIRE (InVS). 1998. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. InVS – département santé environnement, Saint Maurice, France
- [22] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. 1994. Directives de qualité pour l'eau de boisson (2^{ème} édition). Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.
- [23] ORSTOM – Consommation alimentaire et état nutritionnel a la Martinique ; Compte-rendu de fin d'étude ; juillet 1982, annexes 2 et 3.
- [24] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE ; Environmental Health Criteria : chlordecone p.19 (1984)
- [25] A.DELAUNAY Eau et Agriculture ; note à la commission Agriculture du Comité de Bassin – CIRAD ; novembre 2000
- [26] JESOP S. Evaluation des risques de pollution des eaux par les pesticides en Guadeloupe – étude préliminaire; DDASS de Guadeloupe, mémoire de stage de M.S.T., mars 1996.



Références bibliographiques non visées dans le texte :

- DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES. 2000. *Recueil des notes de synthèse sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine – années 1998 et 1999*. DDASS de la Martinique, Fort de France, France.
- LEMONNIER C. 2000. *Contamination des ressources en eau potable par les produits phytosanitaires en Martinique : mise en relation du risque de contamination avec les conditions hydrologiques et climatiques*. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur du Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, France.
- KOURRILSKY P. VINEY G. 1999. *Le principe de précaution*. Rapport au premier ministre. Ministère de l'emploi et de la Solidarité, Paris, France.
- DIRECTION DEPARTEMENTALE DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES (DDASS). 2000. *Plan d'action triennal 2000 – 2002*. Ministère de l'emploi et de la Solidarité, DDASS, Fort de France, France.
- DELAUNAY A. 2001. *Première étude de la pollution par les produits phytosanitaires utilisés en bananeraie – interprétation de données*. Centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Fort de France, France.
- LASSOUDIÈRE A. RESTIF T. DELAUNAY A. 2000. *Diagnostic agri environnemental de bananeraies – propositions de nouvelles pratiques pour une agriculture plus durable en Martinique*. Ministère de l'agriculture et de la pêche – Centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Fort de France, France.

- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA). 1999. *Evaluation de l'exposition aux résidus de pesticides et contaminants toxiques en France*. INRA, Paris, France.
- ARENDSE *et al.* *Pesticides ; composition ; usage ; risques*. Agence de coopération culturelle et technique, édition maison neuve et Larose, Paris, France.
- TEZENAS DU MONTCEL H. *Le bananier plantin*. Agence de coopération culturelle et technique, édition maison neuve et Larose, Paris, France.
- RESEAU INTERNATIONAL EN SANTE ENVIRONNEMENT. 2000. *Actes des cinquième rencontres Santé Environnement*. N°4, Hôpital National de Saint Maurice, Saint Maurice, France.
- POLE DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE LA MARTINIQUE (PRAM). 2001. *Recherche agronomique et problématiques de développement en Martinique*. PRAM. Le lamentin, France.
- POLE DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE LA MARTINIQUE. 2001. *Etude des risques de pollution d'origine agricole en Martinique et en Guadeloupe – projet de recherche développement 2001-2002*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Fort de France, France.
- MENARD F. 1998. *Produits phytosanitaire et qualité des eaux*. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Ecole Nationale d'enseignement supérieur agronomique de Dijon (ENESAD), Dijon, France.
- LESAGE C. 1998. *Contamination des ressources en eau potable par les produits phytosanitaires en Martinique : évaluation des risques, surveillance et prévention*. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur du Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, France.
- LASSERRE Y. 2000. *Les résidus de pesticides dans les fruits et légumes et les pommes de terre dans les pays d'Europe occidentale (UE, Suisse, Norvège)*. Centre Français du Commerce Extérieur (CFCE), Paris, France.
- LANGLAIS C. RYCKEWAERT P. 2000. *Guide de la culture tropicale sous abri en zone tropicale humide*. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Fort de France, France.
- GUILLOIS Y. 1994. *Evaluation du risque de pollution phytosanitaire des prises d'eau potable superficielle grâce à la hiérarchisation du risque associé aux matières actives et à la typologie des bassins versants*. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur du Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique, Rennes, France.
- HAYO M. G. VAN DER WERF. 1997. *Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement*. Le courrier de l'environnement de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), n°31, Paris, France, 5-22.
- HAYO M.G. VAN DER WERF. ZIMMER C. 1998. *Un indicateur d'impact environnemental de pesticides basé sur un système expert à logique floue*. Le courrier de l'environnement de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), n°34, Paris, France, 47-66.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (INRA). 2000. *La lutte contre la pollution des eaux par les pesticides – limiter les apports, réduire les fuites*. INRA, Paris, France.
- BRANLARD JP. 2001. *Croyances comestibles et populaires*. Le courrier de l'environnement de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), n°42, Paris, France, 61-66.
- CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE D'ANGERS. 1999. *Produits phytosanitaires et santé*. Recueil du congrès des 9 et 10 décembre 1999. Cellule Interrégionale d'Épidémiologie Appliquée, Direction de la Santé et du Développement Social (DSDS), Fort de France, France.
- COLMET DAAGE F. LAGACHE P. *Caractéristiques de quelques groupes de sols dérivés de roches volcaniques aux Antilles française*. Institut de recherche pour le développement (IRD), Fort de France, France.
- DABENE E. MARIE F. SMITH C. 1995. *Caractéristiques utiles pour l'évaluation du comportement de quelques substances actives dans l'environnement*. Substances actives phytosanitaires. Ministère de l'Agriculture de la pêche et de l'alimentation, Paris, France.

- DE LAVAL A. 2000. *Étude des risques de contamination des eaux par les produits phytosanitaires en Martinique*. Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de la Martinique, Fort de France, France.
- DENYS JC. REDON N. 2000. *Caractéristiques des matières actives à rechercher en priorité à la réunion*. Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales, service Santé Environnement, Saint Denis de la réunion, France.
- DIRECTION DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORET (DAF). 2000. *Agriculture*. Ministère de l'agriculture et de la pêche, DAF de la Martinique, Fort de France, France.
- DOREL M. LAFFORGUE A. BRETAUD P. LE BRETON M. 1996. *Etude de la contamination des eaux de ruissellement par les pesticides utilisés en bananeraie*. Centre de coopération international en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), projet CORDET 93 D A 14, Fort de France, France.
- GUILLET P. 1997. *Rapport de mission d'expertise sur la lutte contre les vecteurs de dengue en Martinique et Guadeloupe*. Laboratoire de lutte contre les insectes nuisibles, Montpellier, France.
- PARA E. 1989. *Traitements phytosanitaires dans l'agriculture aux Antilles – analyse et prévention des risques*. Caisse générale de sécurité sociale. Le Lamentin, France.
- FAUCON JC. 2001. Cours de toxicologie appliquée. Agence Nationale du médicament Vétérinaire. Fougère, France.
- APRIA. 1987. *2^{ème} cours international de toxicologie alimentaire*. Edition APRIA. Paris, France.
- INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (INSEE). 2000. *Tableaux économiques régionaux*. INSEE, Fort de France, France
- DIRECTION INTERREGIONALE DE LA SECURITE SOCIALE (DIRSS). 2001. *Conditions de santé dans les départements d'outre mer* (projet). DIRSS Martinique, Fort de France, France.
- ASSOCIATION MARTINICAISE POUR LA RECHERCHE EPIDEMIOLOGIQUE EN CANCEROLOGIE (AMREC). *Le cancer en Martinique*. AMREC, Fort de France, France.