

MÉTHODES

DOCUMENT TECHNIQUE
POUR LA CONSTRUCTION DE LA MATRICE
CULTURE-EXPOSITION DE LA BANANE
DESSERT AUX ANTILLES

Projet Matphyto DOM

Document technique pour la construction de la matrice culture exposition de la Banane dessert aux Antilles

Projet Matphyto DOM

Résumé

Document technique pour la construction de la matrice culture exposition de la Banane dessert aux Antilles Projet Matphyto DOM

La direction santé travail de Santé Publique France a mis en place le projet Matphyto, qui développe une méthode pour l'évaluation rétrospective des expositions professionnelles aux produits phytopharmaceutiques en agriculture consistant à réaliser des matrices cultures-expositions (MCE) (Spinosi, 2008). Ces MCE sont des bases de données qui, à partir d'une culture ou d'un groupe de cultures, donnent des indicateurs d'exposition pour les différents types de pesticides concernés. Chaque MCE liste de manière historisée les familles chimiques et/ou substances actives (SA) utilisées, sur les 50 dernières années, accompagnées de 3 indicateurs d'exposition : une probabilité, une fréquence et une intensité d'utilisation. Développé initialement en métropole, Matphyto est aujourd'hui mis en œuvre dans trois DOM et notamment en Guadeloupe et en Martinique (Gentil, 2015). La culture bananière, du fait de son poids socio-économique a fait l'objet de la première MCE Matphyto développée aux Antilles.

Ce guide technique décrit la MCE banane qui concerne exclusivement les bananes dessert d'exportation des Antilles françaises (Guadeloupe et Martinique). Il présente les spécificités agricoles de la production bananière aux Antilles et les pratiques phytopharmaceutiques associées. Les résultats montrent que 62 substances actives réparties dans 29 familles chimiques ont été appliquées en production bananière aux Antilles de 1960 à 2015. Les fongicides sont utilisés par 100 % des planteurs de bananes depuis les années 1970, avec une fréquence moyenne au cours du temps de l'ordre de 8 traitements par an. Les 6 SA fongicides les plus utilisées (100 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des triazoles (difénoconazole, flusilazole et propiconazole), des benzimidazoles (bénomyl), des imidazoles (imazalil) et des morpholines (tridémorphe). Les herbicides sont également largement utilisés par près de 95 % des planteurs depuis les années 1970, avec une fréquence moyenne au cours du temps de l'ordre de 5 traitements par an. Les 5 SA herbicides les plus utilisées (entre 70 % et 90 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des aminophosphinates (glufosinate d'ammonium), des aminophospho-nates (glyphosate), des ammoniums quaternaires (diquat et paraquat) et des triazines (amétryne). Les insecticides ont été utilisés par plus de 90 % des planteurs entre les années 1960 et 1990. Leurs usages ont ensuite régulièrement diminué, concernant environ 50 % des exploitants. Les fréquences de traitement sont très changeantes au cours du temps avec près de 4 traitements dans les années 1970 et moins de 0,5 traitement en 2015. Les 8 SA les plus utilisées (entre 50 % et 90 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des organophosphorés (ethoprophos, fosthiazate, isazophos et phénamiphos), des organochlorés (chlordécone, HCH et dibromochloropropane) et des carbamates (oxamyl).

La matrice culture exposition de la banane dessert aux Antilles présentée dans ce document technique a été utilisée pour des travaux ayant donné lieu à la publication d'une synthèse et d'un rapport (Spinosi, 2018 ; Gentil, 2018).

MOTS CLÉS : EXPOSITION, PESTICIDES, BANANE, MATPHYTO, AGRICULTEURS

Citation suggérée : Gentil C, Spinosi J, Cahour L, Chaperon L, El Yamani L. *Document technique pour la construction de la matrice culture exposition de la Banane dessert aux Antilles. Projet Matphyto DOM.* Saint-Maurice : Santé Publique France, 2018, 44 p. Disponible sur : www.santepubliquefrance.fr

Abstract

Retrospective pesticides exposure assessment in banana crops by using crop exposure matrices: the Matphyto program in the French West Indies – Technical guide

The health and Work Department of The French national public health agency has set up the Matphyto program which develops a method for retrospective evaluation of occupational exposures to plan protection products in agriculture, using Crop Exposure Matrices (CEMs) (Spinosi, 2008). CEMs have been created in response to a lack of historic data on the use of pesticides on French crop production. CEMs are databases that assess exposure to pesticides used on different crops since the 1960s. Three exposure indicators for each active substance and chemical family are defined for each period and each geographical area: a probability, a frequency and an intensity of use. To cover exhaustively the French territory and within the framework of Ecophyto plan, CEMs were extended to French overseas departments; in particular in Guadeloupe and Martinique. The banana production, due to its socioeconomic weight, is the first CEM developed in the French West Indies.

This technical guide describe the CEM banana with concerned only the dessert bananas exported from Guadeloupe and Martinique. Plan protection and agricultural practices for banana production is presented. The results show that 62 actives substances in 29 chemical families were spread on banana production between 1960 and 2015. Fungicides are used by 100% of banana growers since 1970, with an average frequency over time of about 8 treatments per year. The 6 most used fungicides (100% used at least over a period of 40 years) belong to the chemical families of triazole (difenoconazole, flusilazole, propiconazole), benzimidazole (benomyl), imidazole (imazalil) and morpholin (tridemorph). Herbicides are also widely used by nearly 95% of growers since the 1970s, with an average frequency over time of about 5 treatments per year. The 5 most used herbicides (between 70 % and 90% used at least over a period of 40 years) belong to the chemical families of aminophosphinate (glufosinate), aminophosphonate (glyphosate), quaternary ammonium (diquat, paraquat) and triazine (ametryn). Insecticides were used by over 90% of growers between 1960 and 1990. Their uses declined continuously, involving only 50% of growers. Treatment frequencies are very variable over time with almost 4 treatments in the 1970s and less than 0,5 treatments in 2015. The 8 most used insecticides (between 50 % and 90% of used at least one period over a period of 40 years) belong to the chemical families of organophosphorus (ethoprophos, fosthiazate, isazofos, fenamiphos), organochlorus (chlordecone, HCH, DBCP) and carbamate (oxamyl).

KEY WORDS: EXPOSURE, PESTICIDES, BANANA, MATPHYTO, FARMERS

ISBN-NET : 979-10-289-0483-8 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE —
DÉPÔT LÉGAL : OCTOBRE 2018

Auteurs

Céline Gentil, Santé publique France, Cellule d'intervention en région Antilles, Fort-de-France, Martinique, France

Johan Spinosi, Santé publique France, direction Santé Travail, équipe associée à l'Umrestte/Université Claude Bernard Lyon 1, Saint-Maurice, France

Lisa Cahour, Santé publique France, direction appui, traitements et analyses des données, Saint-Maurice, France

Laura Chaperon, Santé publique France, direction santé travail, équipe associée à l'Umrestte/Université Claude Bernard Lyon 1, Saint-Maurice, France

Mounia El Yamani, Santé publique France, direction santé travail, Saint-Maurice, France

Remerciements

Cette étude a été menée grâce à la participation de nombreux organismes du secteur privé et public, et également des agriculteurs de Guadeloupe et Martinique.

Pour leur appui, collaboration et validation des données nous remercions :

- l'Agence régionale de santé (ARS) de Martinique
- l'Agence Pitaya Web and Média
- les Archives départementales de Guadeloupe et Martinique
- le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad)
- les Chambres d'agriculture (CA) de Guadeloupe et Martinique
- les Directions de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF) de Guadeloupe et Martinique
- la Fédération régionale de défense contre les organismes nuisibles de Guadeloupe et Martinique (Fredon)
- l'Institut national de la recherche agronomique (Inra)
- l'Institut technique tropical (IT²)
- l'Office de l'eau (ODE) de Guadeloupe et Martinique
- les producteurs de Guadeloupe (LPG)
- le Service de la profession bananière (Serviproban)
- la Société d'intérêt collectif agricole Cercosporioses en bananeraies (Sica Cercoban)
- l'Union des groupements de producteurs de bananes de Guadeloupe et Martinique (UGPBAN)
- l'union des producteurs de bananes de Martinique (Banamart)

Nous remercions également les agriculteurs ainsi qu'André Lassoudière.

Financement

Ce projet est financé dans le cadre du plan Écophyto, action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture, avec l'appui financier de l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Écophyto 2018.

Abréviations

Banamart	Union des producteurs de bananes de Martinique
Cipa	Compilation des index phytosanitaires Acta
Cirad	Centre de coopération Internationale en recherche agronomique pour le développement
Circ	Centre international de recherche sur le cancer
Dom	Département d'outre-mer
F	Fréquence
Kg	Kilogramme
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
I	Intensité
L/ha	litre par hectare
LPG	Les producteurs de Guadeloupe
MCE	Matrice culture-exposition
P	Probabilité
Serviproban	Service de la profession bananière
Sica	Société d'intérêt collectif agricole
T/ha	Tonne/hectare
UGPBAN	Union des groupements de producteurs de bananes de Guadeloupe et Martinique
UTA	Unité de travail annuel

Lexique

Adjuvant : produit améliorant les performances des produits phytopharmaceutiques et pouvant également limiter les effets néfastes du ruissellement ou de la dérive. Ce ne sont pas des produits phytopharmaceutiques. Ils n'ont pas d'action protectrice contre les bio-agresseurs.

Bouquet foliaire : ensemble des feuilles vivantes d'un bananier.

Cycle : pour le bananier, c'est le temps nécessaire jusqu'à la récolte du régime. Le premier cycle correspond au temps depuis la plantation jusqu'à la récolte du premier régime, pour les cycles suivants, la durée du cycle est celle du temps écoulé entre deux récoltes successives.

Durée de vie verte du fruit (DVV) : correspond à l'intervalle entre la coupe et le mûrissement naturel de la banane. Il s'agit d'une caractéristique post-récolte majeure définissant la capacité du fruit à se conserver pendant le transport.

Effeuilage : pratique consistant à couper les feuilles atteintes par les cercosporioses.

Epistillage : consiste à enlever les pièces florales qui fanent à l'extrémité des fruits et qui en pourrissant, forment un milieu dans lequel les champignons, en particulier, peuvent se développer.

Engainage : l'engainage des régimes de bananes est une technique culturale utilisée pour limiter le grattage des fruits dû au frottement des feuilles et accélérer la croissance des bananes. C'est une gaine plastique autour du régime.

Itinéraire technique : ensemble des actes techniques appliqués sur une culture donnée.

Jetée : apparition de la fleur au centre du bouquet foliaire.

Œilletonnage : choix du rejet successeur pour produire le nouveau régime, suppression des rejets surnuméraires, et gestion des rangs.

Parage : consiste à décortiquer toute la partie basale de la souche, suppression des racines et des parties nécrosées de celle-ci.

Parasitisme tellurique : parasitisme se développant dans le sol.

Herbicide de post-levée : la substance active agit avant la levée de l'adventice (en particulier sur les graines).

Herbicide de prélevée : la substance active agit après la levée de l'adventice.

Produit phytopharmaceutique (PPP) systémique : contrairement à d'autres PPP qui restent sur la surface du feuillage traité, les PPP systémiques sont absorbés par la plante et transportés vers tous les tissus (feuilles, fleurs, racines, tiges, ainsi que le pollen et le nectar).

Popote : bourgeon mâle, c'est un bourgeon à l'extrémité de la tige florale qui portera le régime. Il sera éliminé à la formation de celui-ci.

Pralinage : technique de désinfection, ancienne technique horticole consistant à enduire toutes les zones bulbaires entaillées par le parage avec une bouillie pâteuse d'argile. De la bouillie bordelaise, de la cyanamide calcique, du fumier bien décomposé ou un nématicide y sont parfois ajoutés.

Rachis : colonne « vertébrale » du bananier.

Recourage : remplacement des pieds manquants par des rejets provenant des autres bananiers en parcelle.

Rejets : ce sont des yeux déjà développés généralement sortis de terre. On appelle indifféremment rejets, les yeux développés, les baïonnettes ou les grands plants qui n'ont pas encore jeté et destinés à remplacer le pied-mère.

Souche : fragment de rhizome portant un rejet.

Vitroplant : plantule de bananier provenant de la micropropagation in vitro, il s'agit donc d'un matériel végétal sain vis-à-vis des bactéries et des champignons.

Sommaire

1. CONTEXTE	9
2. LA PRODUCTION BANANIÈRE AUX ANTILLES FRANÇAISES	11
2.1 Éléments techniques sur la production de bananes	11
2.2 Historique de la production bananière aux Antilles	12
2.3 Les traitements phytopharmaceutiques en bananeraies	15
3. LA CONSTRUCTION DE LA MATRICE BANANE	16
3.1 Définition de la nuisance évaluée.....	16
3.2 Indicateurs de l'évaluation de l'exposition	16
3.3 Historisation et régionalisation des pratiques phytopharma-ceutiques.....	17
4. LES TRAITEMENTS PHYTOPHARMACEUTIQUES EN BANANERAIES	18
4.1 Les traitements fongicides.....	18
4.1.1 Les fongicides contre les cercosporioses.....	18
4.1.1.1 <i>L'historique des traitements</i>	18
4.1.1.2 <i>Les modes de traitements</i>	19
4.1.1.3 <i>Les spécificités de la matrice fongicides contre les cercosporioses</i>	19
4.1.1.4 <i>Les produits phytopharmaceutiques utilisés</i>	20
L'huile minérale.....	20
Les produits minéraux	20
Les dithiocarbamates	20
Les benzimidazoles	20
Les imidazoles	20
Les triazoles.....	21
Les morpholines	21
Les piperidines.....	21
Les strobilurines.....	21
Les bactéries	21
Les benzothiadiazoles	21
4.1.2 Les fongicides contre les maladies post-récolte	22
4.1.2.1 <i>L'historique des traitements</i>	22
4.1.2.2 <i>Les modes de traitements</i>	23
4.1.2.3 <i>Les spécificités de la matrice fongicides post-récolte</i>	23
4.1.2.4 <i>Les produits phytopharmaceutiques utilisés</i>	24
Les dithiocarbamates	24
Les benzimidazoles	24
Les imidazoles	24
Les triazoles.....	24
Les strobilurines.....	25
4.2 Les traitements herbicides.....	25
4.2.1 L'historique des traitements	25
4.2.2 <i>Les modes de traitements</i>	26
4.2.3 <i>Les spécificités de la matrice herbicides</i>	26
4.2.4 <i>Les produits phytopharmaceutiques utilisés</i>	26
Les phénols	26
Les urées substituées.....	27
Les acides organiques halogénés	27
Les ammoniums quaternaires	27
Les triazines.....	27
Les aminophosphonates	27
Les aminophosphinates.....	28

Les aryloxyphénoxy-propionates.....	28
Les cyclohexanes-diones	28
4.3 Les traitements insecticides	29
4.3.1 Les insecticides appliqués au sol	29
4.3.1.1 L'historique des traitements	29
4.3.1.2 <i>Les spécificités de la matrice insecticides appliqués au sol</i>	30
4.3.1.3 <i>Les modes de traitements</i>	30
4.3.1.4 <i>Les produits phytopharmaceutiques utilisés</i>	31
Les organochlorés	31
Les organophosphorés.....	31
Les carbamates	32
Les phénylpyrazoles.....	32
4.3.2 Les insecticides en traitements de la partie aérienne des bananiers	32
4.3.2.1 <i>L'historique des traitements</i>	33
4.3.2.2 <i>Les modes de traitement</i>	33
4.3.2.3 <i>Les spécificités de la matrice insecticides en traitements de la partie aérienne des bananiers</i>	34
4.3.2.4 <i>Les produits phytopharmaceutiques utilisés</i>	34
Les organophosphorés.....	34
Les pyréthriinoïdes	34
Les carbinols.....	35
Les sulfonates.....	35
Les spinosoides.....	35
Autres produits phytopharmaceutiques.....	35
4.4 Autres traitements phytopharmaceutiques non inclus dans la matrice.....	35
4.4.1 Les traitements molluscicides	35
4.4.2 Les traitements rodenticides	36
5. CONCLUSION	38
5.1 Points clés	38
5.2 Les applications et perspectives de la MCE banane	38
Références bibliographiques.....	39
Annexes	41
Annexe 1. Tableau de correspondance entre les substances actives et les produits commerciaux	41
Annexe 2. Point spécifique sur la chlordécone	43

1. CONTEXTE

Les produits phytopharmaceutiques sont définis, au sens du règlement européen CE n° 1107/2009, comme les substances actives ou préparations contenant une ou plusieurs substances actives destinées à protéger les végétaux (ou leurs produits) contre les nuisibles (insectes, acariens, champignons etc.), à réguler leur croissance, à assurer leur conservation et à détruire les végétaux indésirables présents sur la parcelle. L'exposition de la population aux produits phytopharmaceutiques, ou communément appelés pesticides, est un enjeu important de santé publique. Les travailleurs du monde agricole sont parmi les premiers concernés car ils manipulent un grand nombre de produits phytopharmaceutiques pour la protection de leurs cultures. Ces produits sont utilisés depuis des décennies en agriculture et représentent un grand nombre de substances actives (un millier) réparties dans de nombreuses spécialités commerciales (>10 000). La mise à disposition de ces produits a considérablement varié au cours du temps : découverte de nouvelles molécules, interdiction de certaines, évolution des usages et de la réglementation etc. L'usage des pesticides est très dépendant des cultures agricoles : type de substances utilisées, nombre de traitements réalisés, matériels d'épandage disponibles mais aussi des conditions pédoclimatiques. Leur large utilisation en agriculture a conduit à leur diffusion dans tous les milieux de l'environnement : air, eau, sol, chaîne alimentaire.

Si les effets aigus sur la santé de ces substances sont relativement bien connus, leurs effets chroniques font encore l'objet de nombreuses controverses. Selon les multiples études épidémiologiques, principalement conduites en milieu professionnel, ces produits sont susceptibles d'engendrer des effets graves : cancers, maladies neurodégénératives, troubles de la fertilité, troubles respiratoires etc. Cependant ces pathologies multifactorielles surviennent de manière différée. Comme l'a rappelée l'expertise collective de l'Inserm (Inserm, 2013), la mise en évidence des liens entre pesticides et pathologies nécessite une évaluation des expositions la plus juste et la plus fine possible, c'est encore aujourd'hui l'une des difficultés majeures rencontrées dans les études épidémiologiques.

En effet, en France métropolitaine et ultramarine, cette évaluation des expositions est difficile car il n'existe pas de recueil historique et exhaustif des utilisations professionnelles agricoles individuelles des produits phytopharmaceutiques.

Dans ce cadre, la direction santé travail de Santé publique France a mis en place le projet Matphyto visant notamment la construction d'outils d'évaluation des expositions rétrospectives aux pesticides en fonction des cultures agricoles sous forme de matrices cultures-expositions (MCE) (Spinosi, 2008). Ce projet a pour objectif de développer des MCE pour chacune des principales cultures agricoles françaises. Les MCE décrivent l'utilisation des grands groupes de produits phytopharmaceutiques (herbicides, insecticides, fongicides...), déclinés par grandes familles chimiques (phythormones de synthèse, organophosphorés...) et substances actives spécifiques. Des indicateurs (probabilité, fréquence et intensité d'utilisation) permettent d'estimer les expositions de manière chronologique. Matphyto est actuellement spécifiquement adapté à la population agricole et couvre l'ensemble du territoire français métropolitain et, depuis 2014, trois départements ultramarins (Guadeloupe, Martinique et La Réunion) (Gentil, 2015).

Par ailleurs, dans le cadre d'une étude de faisabilité de reconstitution d'une cohorte de travailleurs agricoles exposés au chlordécone en Martinique et Guadeloupe, un volet sur la faisabilité d'évaluer rétrospectivement l'exposition des travailleurs aux produits phytosanitaires par l'élaboration de MCE a été mené (Barrau, 2012). Le rapport a conclu à la faisabilité d'un tel projet.

Au vu de la problématique du chlordécone¹ aux Antilles et des recommandations élaborées dans le cadre des travaux du Plan Chlordécone, du Plan Ecophyto et du Plan national santé environnement (PNSE), le projet Matphyto s'est penché sur l'évaluation rétrospective des expositions agricoles aux produits phytopharmaceutiques utilisés sur la culture de la banane aux Antilles. Il existe de nombreuses variétés de bananes cultivées réparties dans deux catégories : les bananes « desserts » consommées crues et les bananes « à cuire » comme les bananes plantains ou les bananes dessert vertes pas mûres. Cette production de bananes dessert exportées emploie la majorité de la main d'œuvre agricole et représente la principale surface en production, et cette production reçoit également de plus nombreux traitements phytopharmaceutiques. La MCE banane Matphyto s'intéresse spécifiquement aux bananes dessert exportées des Antilles. L'objectif de ce guide technique est de décrire cette MCE, en présentant les spécificités agricoles de la production bananière et les pratiques phytopharmaceutiques associées entre 1960 à 2015.

¹ L'usage autorise l'utilisation du masculin ou féminin, nous utiliserons dans ce rapport le masculin.

2. LA PRODUCTION BANANIÈRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

2.1 Éléments techniques sur la production de bananes

Le bananier est une plante herbacée, vivace, monocotylédone appartenant à la famille des *musacées* ; son développement est localisé, sauf exceptions, en zone tropicale humide. Sa tige semi-souterraine (le bulbe) émet de nombreux yeux qui évoluent par la suite en rejets. C'est à partir de ce bulbe que sont émises les feuilles. Son système aérien est annuel ; seule la souche (qui est un rhizome) est pérenne. Cette partie aérienne est un faux-tronc, appelée pseudo-tronc. Une fleur apparaît au centre du bouquet foliaire après l'émission d'une trentaine de feuilles qui donne le régime de bananes (Figure 1). Progressivement, lors de la croissance de cette fleur, les mains (5 à 10) se dégagent le long de la hampe ; chaque main peut contenir 3 à 20 bananes. Le régime récolté pèse en moyenne 20 à 25 kg. Après la récolte du régime, le pseudo-tronc est coupé. Un nouveau pied se développe à partir d'un rejet émis ; et un second cycle de production démarre (Figure 2). La durée du cycle varie selon les variétés, l'altitude, les conditions climatiques et l'ensoleillement. Il peut aller de 9 à 12 mois. Les conditions optimales de croissance du bananier sont, un apport en eau régulier (entre 120 et 150 mm/mois), et des températures comprises entre 25 et 28 °c. Le bananier est sensible au vent modéré à violent. Toutefois, comme le bananier est une plante herbacée, après une destruction, la reprise végétative est très rapide. Les régimes de bananes sont récoltés tout au long de l'année. Les parcelles de bananiers sont plantées à une densité moyenne de 2000 pieds par hectare, avec un intervalle de 1500 à 2500 pieds/ha au cours du temps. La replantation complète d'une parcelle est nécessaire après plusieurs cycles suite à l'observation d'une hétérogénéité des stades végétatifs, de chutes de plants et d'un affaiblissement général de la bananeraie. Le rythme de replantation est variable selon les zones géographiques (entre 3 à 4 ans en zone à cycle rapide, à plus de 10 ans dans certaines zones montagneuses) et selon les périodes historiques. La replantation peut également être nécessaire après des aléas climatiques. Plus récemment, les bananeraies peuvent entrer dans des systèmes de rotations pluriannuelles avec de l'ananas, de la canne à sucre, une jachère non cultivée, etc. (Lassoudière, 2007 ; Lassoudière, 2012).

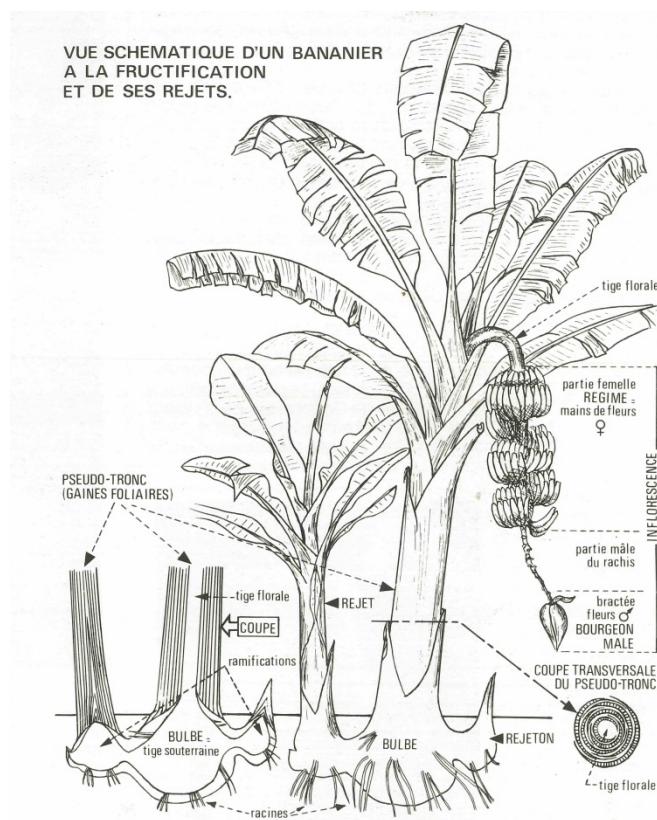
I FIGURE 1 I

Photographies d'une bananeraie antillaise (à gauche) et d'un régime de banane (à droite), (Gentil, 2013)



I FIGURE 2 I

Représentation de la composition du bananier et de ses rejets (Champion, 1963)



2.2 Historique de la production bananière aux Antilles

Le développement de la culture commerciale de la banane antillaise date des années 1930, avec une pause lors de la Seconde guerre mondiale puis un nouvel essor à partir de 1946. Ce développement a été permis par la mise en place de transports frigorifiques entre les Antilles et l'Europe. Il y a ainsi eu une expansion des surfaces en banane, avec un développement des bananeraies guadeloupéennes principalement dans le sud-sud-est de l'île de la Basse-Terre et des bananeraies martiniquaises dans le centre-nord-est sur la côte atlantique. La Figure 3 présente la répartition des bananeraies en Guadeloupe en 2010 et en Martinique en 2009. Vers 1960, une révolution culturelle a favorisé l'uniformisation des itinéraires techniques et entraîné des modifications des structures professionnelles. Progressivement, cette intensification des systèmes de cultures en monoculture de bananes, l'exigence de rendements élevés et de qualité du fruit (calibre et présentation externe impeccable) ont favorisé le développement du parasitisme (en particulier tellurique) et l'utilisation massive de produits phytopharmaceutiques et fertilisants. Toutefois, les pratiques phytosanitaires au sein des exploitations bananières pouvaient être très variées, notamment à cause des différences de conditions pédoclimatiques et de la taille des exploitations bananières. Les années 1990 sont marquées par de nouvelles préoccupations de développement durable et de protection de la santé humaine. La prise de conscience autour de l'usage du chlordécone et son interdiction en 1993 a renforcé cette dynamique dans les bananeraies antillaises (Beaugendre, 2005). Ainsi de nouvelles techniques culturales et outils d'aide à la décision ont été mis en place pour raisonner l'usage des pesticides comme

les pièges à charançons, le comptage des nématodes, la mise en place de jachère, de rotations culturales et l'utilisation de vitroplants. Ce n'est qu'autour des années 2000 que ces pratiques se sont largement généralisées auprès des planteurs. En effet auparavant il y avait des freins à l'adoption de ces innovations. Il y avait par exemple lors de la mise en jachère d'une parcelle un frein psychologique vis-à-vis d'une terre non cultivée et la perte de quotas due au déficit momentané de production. Depuis les années 2010, les instituts techniques et coopératives développent en collaboration avec la recherche et les agriculteurs, les plantes de couverture afin de maîtriser l'enherbement des bananeraies avec le moins d'herbicides possibles (Lassoudière, 2014).

Les bananeraies sont également mises à rude épreuves avec les nombreux aléas climatiques. Ces derniers bousculent les itinéraires techniques, permettent l'introduction de nouvelles pratiques lorsqu'il faut replanter les parcelles, mais favorisent aussi l'usage temporaire de nombreux produits phytopharmaceutiques pour remettre en production les parcelles détruites.

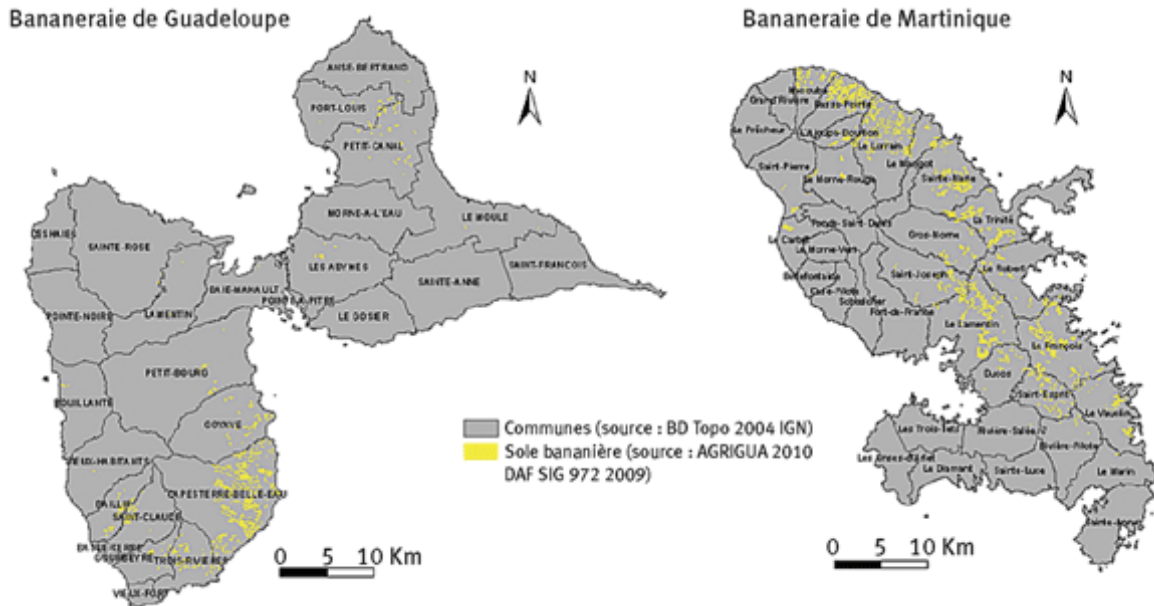
D'après les recensements agricoles de 1981, 1989, 2000 et 2010 (Figure 4), les surfaces en banane ont quasiment été divisées par 4 entre 1981 et 2010 en Guadeloupe ; alors qu'en Martinique, les surfaces en banane ont augmenté en moyenne de 13 % chaque décennie jusqu'en 2000, mais entre 2000 et 2010 la Martinique perd près du tiers de sa surface en banane. La diminution des surfaces en bananeraies n'est pas aussi importante que la diminution du nombre d'exploitations bananières. Par conséquent, la taille moyenne des exploitations bananières a augmenté, passant de 4,7 ha en 1981 à 12,6 ha en 2010. Les exploitations bananières sont également plus grandes en Martinique qu'en Guadeloupe. En 2007, les bananeraies occupaient 25 % de la superficie agricole cultivée en Martinique et 10 % en Guadeloupe (Agreste, 2011). Au dernier recensement de 2010, la Guadeloupe comptait 235 exploitations bananières exportatrices réparties sur 2160 ha alors que la Martinique comptait 430 exploitations bananières réparties sur 6250 ha.

Aujourd'hui, les 8500 ha de bananeraies plantées produisent 270 000 tonnes de bananes, dont environ 70 000 tonnes produits en Guadeloupe et environ 200 000 tonnes en Martinique (Banane de Guadeloupe et Martinique, 2017). Le rendement moyen est de 33 T/ha (hors jachère) (Odeadom, 2017).

La culture de la banane nécessite une main d'œuvre importante, entre environ 0,7 ETP/ha et 0,9 ETP/ha (RA 1981, 1989, 2000, 2010). Aujourd'hui, cette filière banane représente 40 % des salariés agricoles en Guadeloupe et 60 % en Martinique ; et génère environ 10 000 emplois directs et indirects (Banane de Guadeloupe et Martinique, 2017).

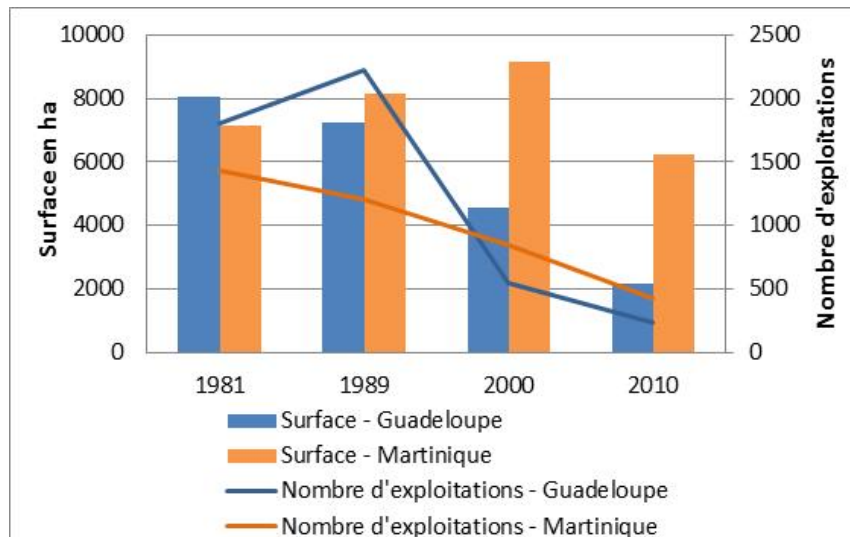
I FIGURE 3 I

Répartition des parcelles de banane export en Guadeloupe en 2010 et en Martinique en 2009



I FIGURE 4 I

Nombre d'exploitations agricoles de banane dessert export et surface en banane dessert export en Guadeloupe et en Martinique en 1981, 1989, 2000 et 2010 (Source : Agreste et données bibliographiques, cf. Gentil, 2018 - Annexe 2)



2.3 Les traitements phytopharmaceutiques en bananeraies

Aux Antilles, la culture de la banane reçoit de nombreux traitements phytopharmaceutiques à cause d'un fort taux d'enherbement et d'une pression en maladies et ravageurs élevée due aux conditions tropicales humides et chaudes.

Les **fongicides** sont appliqués pour lutter chimiquement contre les maladies foliaires (traitements des feuilles) et les maladies post-récolte (traitements des fruits récoltés). Les maladies foliaires sont la cercosporiose jaune (*Mycosphaerella musicola*) et la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijensis*). La cercosporiose jaune est un champignon microscopique présent aux Antilles depuis 1938-1939. Les symptômes sont des nécroses foliaires, impactant le rendement (en réduisant la vitesse de croissance) et la DVV, durée de vie verte des fruits (en entraînant une maturation précoce du fruit avant qu'il n'ait atteint son développement optimal). La cercosporiose noire, également appelée maladie des raies noires, est un champignon qui crée les mêmes symptômes que la cercosporiose jaune mais avec une capacité de croissance et développement plus rapide. Elle est apparue en septembre 2010 en Martinique et en janvier 2012 en Guadeloupe. Les maladies post-récolte sont le chancre (*Colletotrichum musae*) et les pourritures de couronnes (*Colletotrichum musae*, les *Fusarium*, les *Verticillium*, les *Cephalosporium*). Elles altèrent la qualité de la banane, la rendant non commercialisable.

Les **herbicides** sont appliqués pour lutter chimiquement contre les adventices, ou communément appelées les mauvaises herbes. Elles entrent en concurrence avec le bananier (pour les éléments nutritifs, l'eau et la lumière) et peuvent également favoriser le développement de ravageurs comme les thrips.

Les **insecticides** sont appliqués pour lutter chimiquement contre le parasitisme tellurique (traitements du sol) et le parasitisme du fruit (traitements des fruits sur pied). Les parasites du sol sont les nématodes (*Radopholus similis*, *Pratylenchus spp*, *Pratylenchus coffeae*) et le charançon noir (*Cosmopolites sordidus*). Les nématodes sont des endoparasites migrants créant des nécroses racinaires, perturbant l'alimentation minérale et hydrique et entraînant une diminution de croissance et un ancrage au sol moindre. Le risque est la chute de plants en période venteuse. Le charançon noir est un insecte causant des dégâts à l'état larvaire : les larves creusent des galeries dans le bulbe du bananier fragilisant le plant et augmentant les risques de chute. Comme les nématodes, ils perturbent l'alimentation minérale et hydrique et donc la croissance du bananier. Le parasitisme du fruit est causé par les thrips (thrips de la rouille : *Chaetanaphothrips prohidii*, thrips de la fleur : *Franckliniella parvula*, thrips de la Rouille argentée : *Hercinothrips femoralis*). Ils créent des défauts sur les fruits par piqûres, altérant la qualité de la banane et la rendant non commercialisable.

D'autres **ravageurs** de moindre importance peuvent nécessiter des traitements phytopharmaceutiques ou biocides : les aleurodes (insecticides), les araignées rouges (acaricides/insecticides), les rats (rodenticides), les escargots (molluscicides) et les fourmis (fourmicides/insecticides) (Lassoudière, 2012).

3. LA CONSTRUCTION DE LA MATRICE BANANE

3.1 Définition de la nuisance évaluée

La matrice banane contient l'ensemble des substances actives utilisées par plus de 5 % des exploitations produisant des bananes dessert d'exportation de 1960 à 2015, en Guadeloupe et Martinique. L'Annexe A présente la correspondance entre les substances actives, les familles chimiques et des exemples de produits commerciaux en contenant. Ces substances actives appartiennent à trois grands groupes de produits phytopharmaceutiques : les herbicides, les fongicides (de post-récolte et de maladies foliaires) et les insecticides. Sont exclus de la matrice : les adjuvants sauf l'huile minérale contre les cercosporioses, les rodenticides, les molluscicides et les produits de nettoyage (utilisés en traitement post-récolte). Les adjuvants additionnés aux produits commerciaux contenant les substances actives (mélanges extemporanés) et ceux entrant déjà dans la composition des produits commerciaux sont très peu connus. Un biocide à vocation fourmicide est décrit du fait de son application directe au champ. La matrice banane concerne la banane dessert, dite banane cavendish qui est exportée ; elle ne prend donc pas en considération les exploitations de bananes plantains et de bananes dessert non destinées à l'exportation. La matrice ne distingue pas les types d'exploitations bananières entre-elles, en fonction de leur taille ou de leur spécialisation en banane ou en polyculture, ni en fonction de leur statut.

3.2 Indicateurs de l'évaluation de l'exposition

Trois indicateurs quantitatifs ont été élaborés afin de permettre la reconstitution, a posteriori, de l'exposition aux produits phytopharmaceutiques utilisés en bananeraies antillaises ; il s'agit de la probabilité, la fréquence et l'intensité d'utilisation de chacune des substances actives. Ces indicateurs sont calculés à l'échelle des exploitations agricoles, pour chaque substance active, famille chimique et groupe de traitements. Ils sont estimés à partir de données issues de recherches bibliographiques : les volumes de produits commerciaux vendus, les recommandations des instituts techniques, les fréquences agronomiques pratiquées etc. et également à l'aide de rencontres avec des agriculteurs et des spécialistes. La méthode est décrite dans la synthèse « Le programme Matphyto - Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires » (Spinosi, 2008).

La probabilité d'utilisation correspond à la proportion annuelle des exploitations bananières ayant eu recours à chacune des substances actives présente dans la matrice. Il s'agit d'indiquer dans quelle proportion les exploitations ont pu utiliser chacune des substances actives. La probabilité est une donnée annuelle moyennée lissant un ensemble de pratiques individuelles.

La fréquence d'utilisation caractérise le nombre moyen de traitements effectués chaque année sur l'ensemble de l'exploitation par substance active. Elle est à distinguer de la fréquence agronomique de passage dans une parcelle pour réaliser un traitement qui peut être uniquement sur une partie de la parcelle (par exemple, si un agriculteur effectue un passage sur la moitié de la surface d'une parcelle, la fréquence de la matrice sera de 0,5). Il s'agit bien d'évaluer le nombre moyen de traitements effectués sur les parcelles et non pas le nombre de traitements effectués par l'individu (par exemple, un agriculteur souhaitant traiter une fois l'ensemble d'une parcelle peut le faire en plusieurs fois, dans la même journée ou sur plusieurs jours, mais la fréquence indiquée dans la MCE sera égale à 1). Comme la probabilité, la fréquence est une donnée annuelle moyennée lissant un ensemble de pratiques individuelles.

L'intensité d'utilisation indique la quantité moyenne de produit appliquée à l'hectare (en un seul traitement). Cette information permet d'évaluer les quantités de substances actives appliquées à chaque traitement par les utilisateurs de produits phytopharmaceutiques. Il s'agit d'une moyenne exprimée en g/ha de substance active. En général, les intensités sont définies à partir des recommandations des guides techniques et des homologations, elles sont moyennées en excluant les valeurs trop extrêmes. Toutefois l'imprécision dans la préparation des bouillies, des doses de substances appliquées sur la parcelle via les différents types de matériels de traitements ou du fait de la pente de la parcelle, etc. font que la dose appliquée est peu connue. Par exemple, les volumes de bouillies appliqués par appareil à dos sont difficiles à évaluer.

Les 3 indicateurs de la matrice (probabilité, fréquence et intensité) sont déterminés à l'aide de recherches bibliographiques et d'échanges avec des spécialistes de la production bananière. Des biais dans la détermination de ces indicateurs peuvent exister. En effet, l'appel à la mémoire des spécialistes sur les pratiques phytosanitaires anciennes et la plus faible disponibilité des données bibliographiques pour ces périodes ne permettent pas de garantir une précision extrêmement forte des informations présentées. Ainsi, il faut regarder les données d'avant les années 1980 comme des ordres de grandeur. Par conséquent, pour l'ensemble de la matrice, il conviendra de bien prendre en compte une certaine marge d'erreur pour les 3 indicateurs de la matrice.

L'indicateur intensité est difficile à déterminer. En effet la dose exacte appliquée à chaque traitement est une variable personne-dépendante ; notamment dans la méthode de mesure, le mode de traitement et la perception de la surface à traiter. C'est pourquoi l'intensité indiquée est généralement la dose homologuée préconisée.

3.3 Historisation et régionalisation des pratiques phytopharmaceutiques

La MCE banane retrace l'ensemble des pratiques phytosanitaires de 1960 à 2015. Il est difficile de décrire les pratiques phytopharmaceutiques de manière fine sur l'ensemble de la période historique et sur l'ensemble de la zone géographique étudiée.

Concernant l'historisation, les indicateurs (probabilité, fréquence et intensité) de la MCE ont été estimés par année, lorsque les données disponibles le permettaient, ou par périodes pluriannuelles (durée de 2 à 10 ans) considérées comme homogène du point de vue des pratiques lorsque les données sont plus parcellaires.

Concernant la régionalisation, la MCE banane a vocation à distinguer les pratiques phytopharmaceutiques entre la Guadeloupe et la Martinique. Au sein de chaque département, aucune distinction n'a été faite malgré l'existence de différences de pratiques (par exemple, une distinction en fonction de l'altitude aurait été intéressante, puisqu'il existe un gradient altitudinal des bio-agresseurs pour les maladies fongiques). Enfin, pour les années anciennes et pour certains traitements, les informations étaient insuffisantes et aucune distinction entre les deux îles n'a pu être faite.

4. LES TRAITEMENTS PHYTOPHARMACEUTIQUES EN BANANERAIES

La MCE banane a été construite par grand groupes de traitements : herbicides, fongicides et insecticides.

Les traitements fongicides et insecticides, ont été également étudiés par sous-groupes selon le type de ravageurs : cercosporioses et maladies post-récolte pour les fongicides ; insectes du sol et insectes de la partie aérienne pour les insecticides.

4.1 Les traitements fongicides

En production bananière, les fongicides sont utilisés toute l'année par l'ensemble des planteurs depuis les années 1970. Ils sont appliqués régulièrement au champ en traitement foliaire contre les cercosporioses et en traitement post-récolte sur chaque régime de bananes. Les principales familles chimiques utilisées sont les benzimidazoles et les triazoles. La fréquence de traitement varie en moyenne de 4 (1985) à 25 (années 1960).

4.1.1 Les fongicides contre les cercosporioses

4.1.1.1 L'histoire des traitements

La cercosporiose jaune est un ravageur de longue date des bananeraies antillaises, elle y est observée pour la première fois vers 1938-1939 et se développe fortement à la fin des années 1940 avec l'expansion des bananeraies. Elle devient un fléau économique majeur des bananeraies en s'attaquant aux feuilles, réduisant ainsi leur durée de vie. Le rendement en bananes est affecté et la durée de conservation (DVV, durée de vie verte) pendant leur transport vers l'Europe est réduite. En l'absence de traitement, la perte de production peut atteindre 50 %. Dès l'apparition de la cercosporiose, des traitements chimiques ont été testés, comme la bouillie bordelaise. Vers les années 1950, les traitements à l'huile minérale se développent avec la mise en évidence de son effet curatif par H. Guyot et J. Cuille. En 1972, le bénomyl, une benzimidazole, devient le premier fongicide systémique largement utilisé contre la cercosporiose jaune. Il était mélangé avec de l'huile minérale qui améliore la persistance et la répartition du fongicide sur les feuilles. Au cours des années 1970, une lutte généralisée et collective contre la cercosporiose jaune est organisée en Guadeloupe et Martinique avec une méthode d'avertissement (suivi épidémiologique de la maladie) et une méthode d'analyse climatique (analyse des données de température et d'évaporation) (Lassoudière, 2012).

L'adoption du traitement à l'huile accompagnée de benzimidazoles a été rapide avec, dès 1975, environ 95 % des exploitations bananières antillaises qui effectuaient ces traitements. L'huile sera ensuite systématiquement additionnée aux substances actives fongicides et est encore utilisée aujourd'hui. Au cours des années 1980, les triazoles puis une morpholine, font leurs arrivées. Elles sont alors utilisées en alternance avec les benzimidazoles. De 2004 à 2010, seules des triazoles sont appliquées. C'est seulement vers 2010-2011, que progressivement de nouvelles substances actives de la famille des strobilurines, piperidines, benzothiazoles ainsi qu'une bactérie seront utilisées en alternance avec les triazoles. La probabilité d'utilisation de chacune des substances actives est en général de 95 %. L'alternance des produits a toujours été préconisée et pratiquée par les planteurs, puisqu'elle permet d'éviter l'apparition précoce de résistances des champignons aux produits phytopharmaceutiques. Par conséquent, on sait que la majorité des exploitations a utilisé annuellement l'ensemble des substances actives disponibles. La fréquence des traitements est très variable, jusqu'à 25 traitements lors de l'usage unique d'huile minérale vers 1960 et

allant de 1 à 13 traitements par la suite. Il y a une variation intra- et interannuelle en fonction des conditions météorologiques (saison sèche/saison humide). Jusqu'à aujourd'hui, les cercosporioses (jaunes et noires) sont les maladies qui demandent le plus de traitements en bananeraies.

L'avertissement de traitements et la distribution des fongicides contre les cercosporioses sont organisés par des services techniques des coopératives bananières, aujourd'hui la Sica Cercoban en Martinique et le Serviproban en Guadeloupe.

4.1.1.2 Les modes de traitements

Il existe différentes **méthodes de traitements** : par voie terrestre avec des atomiseurs à dos, des quads, des canons etc. ou par voie aérienne, au début par avion puis par hélicoptère jugé plus précis (ces traitements sont réalisés par des prestataires extérieurs, mais il ne peut pas être exclu une exposition du pilote ou des travailleurs présents dans la parcelle pendant ou après le traitement). Le fongicide devant atteindre le haut du bananier c'est-à-dire les nouvelles feuilles émises, le traitement aérien a été développé très tôt à la fin des années 1950 et généralisé au cours des années 1970. Les traitements terrestres étaient majoritaires vers 1960, puis quasiment inexistantes lors de la généralisation des traitements aériens. En effet, seules les bananeraies en zones à forte concentration d'habitats, en zones encaissées inaccessibles par voie aérienne, en bordures ou en association avec du maraîchage etc. ont été traitées par voie terrestre. Des retouches des traitements aériens ont pu également être effectuées par voie terrestre.

Les traitements aériens causaient des problèmes de dérives, de pollution et de dangerosité pour les populations riveraines. Ils ont été complètement interdits courant 2013 en Guadeloupe et début 2014 en Martinique suite à plusieurs années de procédures. Depuis, les traitements sont exclusivement réalisés par les planteurs par voie terrestre. Afin d'améliorer l'état sanitaire des feuilles contaminées et limiter l'usage des produits phytopharmaceutiques, les planteurs pratiquent l'effeuillage qui vise à réduire l'inoculum de la maladie, en coupant les feuilles contaminées.

Le traitement terrestre avec du matériel à dos présente de nombreux inconvénients en termes d'efficacité pour le contrôle des champignons et de protection de l'applicateur. Il entraîne une exposition directe de l'applicateur et est associé à une pénibilité du travail importante compte tenu du relief, de la chaleur et du taux d'humidité.

A noter que la MCE ne distingue pas les différents modes de traitements.

4.1.1.3 Les spécificités de la matrice fongicides contre les cercosporioses

Des **différences de traitements entre les deux îles** existent. En moyenne, la fréquence de traitement est plus importante en Martinique qu'en Guadeloupe. Les traitements sont plus fréquents dans le Nord et le centre de la Martinique ; alors qu'en Guadeloupe les traitements sont plus fréquents sur l'île de Basse-Terre ; il y a un gradient croissant de fréquence de traitement avec l'altitude.

Compte tenu du facteur humain et technique pour atteindre le haut du bananier, **l'intensité** en traitement terrestre est probablement plus importante que celle en traitement par voie aérienne, mais cette différence n'est pas prise en compte dans la MCE.

4.1.1.4 Les produits phytopharmaceutiques utilisés

→ L'huile minérale

L'huile minérale paraffinique est un adjuvant qui améliore l'efficacité des produits phytopharmaceutiques auxquels elle est ajoutée. Elle est aussi utilisée seule pour ses propriétés fongistatiques, empêchant le développement des champignons. Cette huile est utilisée dans les bananeraies antillaises depuis les années 1950. Au début, elle a été utilisée jusqu'à 25 fois par an, soit toutes les deux semaines ; ce n'est seulement qu'à partir des années 1970 que son usage se stabilise autour de 10 traitements par an. L'intensité d'utilisation pratiquée a toujours été d'environ 15 l/ha (dose recommandée). L'huile a été appliquée seule avant les années 1970 et au cours des années 2000, et toujours en mélange avec d'autres substances actives le reste du temps.

→ Les produits minéraux

Avant 1960, les traitements à base d'huile pouvaient être additionnés d'oxychlorure de cuivre ou de dithiocarbonate de zinc, tous deux considérés comme des anti-sporulants. Même si l'efficacité de l'huile seule avait été prouvée, certains chercheurs préconisaient ces deux fongicides. Leurs usages sont très mal connus et non renseignés dans la matrice.

→ Les dithiocarbamates

Au cours des années 1950 et 1960, des fongicides multisites de contact seront testés, tels que les dithiocarbamates (manèbe, zinèbe et mancozèbe). Leurs usages sont très mal connus et non renseignés dans la matrice.

→ Les benzimidazoles

La principale benzimidazole utilisée et la première substance active utilisée contre la cercosporiose est le bénomyl, commercialisée sous forme de poudre. Cette substance est associée à l'huile minérale pour son application. Le bénomyl a été fortement utilisé dès son apparition en 1972 et jusqu'en 1992 en Guadeloupe et 1994 en Martinique. L'arrivée des benzimidazoles a permis de diminuer la fréquence des traitements contre la cercosporiose, passant de 25 traitements (1965 à 1969) à 6 (1973).

Le thiophanate-méthyl, principalement utilisé en Martinique de 1975 à 1991, était sous forme liquide et déjà mélangé avec l'huile minérale.

De 1972 à 1981, les benzimidazoles seront les seules substances actives utilisées contre la cercosporiose jaune. Dès l'arrivée des triazoles en 1982, ces dernières seront utilisées en alternance avec les benzimidazoles, dans l'objectif de limiter l'arrivée de souches résistantes.

Cependant, l'apparition de plus en plus fréquente de souches résistantes aux benzimidazoles, va progressivement diminuer leur usage jusqu'à la fin de leur homologation en 2003.

→ Les imidazoles

L'imazalil a été testé et renseigné en Martinique en 1982 et 1983, et a fait l'objet de quelques traitements. Il se présente sous forme de poudre mouillable. A priori l'imazalil n'a jamais été utilisé comme traitement par voie aérienne contre la cercosporiose, il a probablement uniquement été testé en expérimentation, voire peut être utilisé pour des traitements par voie terrestre quelques années vers 1982 et 1983. Cette substance active sera largement utilisée à partir de 1986 contre les maladies fongiques post-récolte. Il y a beaucoup d'incertitudes sur l'usage de cette substance contre la cercosporiose.

→ Les triazoles

Les triazoles sont utilisées en 1982 en Guadeloupe et en 1984 en Martinique, remplaçant l'imazalil (testé deux années), en alternance avec les benzimidazoles. Dès leur arrivée, les triazoles sont utilisées par l'ensemble des planteurs. La première triazole utilisée, et toujours homologuée, est le propiconazole. De nouvelles substances actives ont été testées et peu utilisées durant quelques années (bromuconazole, tébuconazole, triadiménol) venant substituer en partie les substances habituellement utilisées (propiconazole, difénoconazole, fluzilazole). L'ensemble de ces triazoles était généralement utilisé en alternance entre-elles. Certaines alternances étaient dues à des pressions commerciales ou à l'arrivée de nouvelles substances actives. L'arrivée des triazoles a dans un premier temps permis de réduire la fréquence des traitements de près de 50 % ; réduction qui ne s'est pas maintenue. Quelques années après, la fréquence a de nouveau augmenté. Depuis 2003, les triazoles, habituellement sous forme de concentré émulsifiable ou liquide, sont les substances actives les plus utilisées pour contrôler les cercosporioses. En effet, de 2004 à 2011, les triazoles sont quasiment les seules familles chimiques autorisées, ainsi la fréquence en triazoles est comprise entre 3 et près de 9 traitements par an.

→ Les morpholines

L'unique substance active de cette famille est la tridémorphe, présentée sous forme de concentré émulsifiable. Elle était utilisée de 1987 à 2003, en alternance avec les triazoles et les benzimidazoles, par environ 95 % des planteurs à une fréquence de traitement comprise entre 1 et 5.

→ Les piperidines

L'unique substance active de cette famille est la fenpropidine, présentée sous forme de concentré émulsifiable. Elle était utilisée de 2010 à 2012, par 10 % à 50 % des planteurs à une fréquence moyenne de 1 traitement.

→ Les strobilurines

L'unique substance active de cette famille est la trifloxystrobine, présentée sous forme de granulés dispersables. Elle est utilisée de 2013 à 2015, par environ 90 % des planteurs à une fréquence moyenne de 1 traitement.

→ Les bactéries

L'unique substance active de cette famille est la bactérie *Bacillus subtilis str. QST 713*, présentée sous forme de poudre mouillable. Elle est utilisée de 2013 à 2015, par 30 % à 95 % des planteurs à une fréquence moyenne de 1 traitement. Cette bactérie est appliquée comme stimulatrice des défenses naturelles.

→ Les benzothiadiazoles

L'unique substance active de cette famille est l'acibenzolar-s-méthyl, présentée sous forme de granulés dispersables dans l'eau. Elle est utilisée de 2014 à 2015, par environ 50 % des planteurs guadeloupéens, uniquement, à une fréquence de 1 traitement. C'est la seule substance active qui n'est pas mélangée avec l'huile.

4.1.2 Les fongicides contre les maladies post-récolte

4.1.2.1 L'histoire des traitements

Les maladies post-récolte, appelées aussi maladies de conservation, sont des maladies fongiques impactant la qualité des fruits à leur arrivée en Europe. Le développement de ces maladies lors du transport rend les bananes impropres à la commercialisation, d'où l'importance économique de maîtriser la contamination au champ et au hangar des bananes par ces maladies. Il s'agit de maladies fongiques regroupant le chancre (*Colletotrichum musae*) et les pourritures de couronnes (*Colletotrichum musae*, les *Fusarium*, les *Verticillium*, les *Cephalosporium*).

Le chancre est une pourriture de la peau des fruits, qui a lieu au champ lors du premier mois suivant la jetée. Ce champignon a la capacité de former des structures « dormantes » invisibles à l'œil nu à la récolte. Ces formes se développeront lors du transport et du murissage, là où l'épiderme a été endommagé (Institut Technique Tropical, 2013).

Les pourritures de couronnes affectent les coussinets des bouquets par de nombreux champignons présents sur les débris de culture. La contamination des bananes a lieu lors de la découpe des mains et de leur lavage. Il existe un ensemble de techniques non phytosanitaires au champ et au hangar lors du conditionnement qui permettent de limiter l'infection par ces champignons ; comme le gainage associé à l'épistillage au champ. Toutefois des traitements préventifs sont nécessaires, notamment à cause des formes dormantes non visibles.

Les premières formes de traitements post-récolte ont débuté vers 1950 avec le paraffinage ou l'enrobage à la cire des sections du rachis. Il était également préconisé un trempage dans du soufre colloïdal en solution, du lait de chaux, de la bouillie bordelaise épaisse, de la vaseline borique, du ciment ou du plâtre. Les risques de dégâts dus aux maladies fongiques se sont aggravés au début des années 1960 avec la pratique de la découpe en mains et de la mise en bouquets (Lassoudière, 2012). Par conséquent, les traitements post-récolte systématiques ont débuté dans les années 1960 en Guadeloupe et Martinique. La période de 1960 à 1970 est marquée par des tests de certaines substances actives, principalement de la famille des dithiocarbamates, qui avaient une efficacité insuffisante. Cette période est peu documentée, les pratiques réalisées sont donc mal connues et mal renseignées dans la matrice. Puis en 1971, les traitements vont se généraliser avec l'arrivée du thiabendazole (famille des benzimidazoles). Afin de stimuler la réalisation des traitements post-récolte par l'ensemble des exploitations, les produits phytopharmaceutiques étaient distribués gratuitement notamment par les coopératives bananières de Guadeloupe autour des années 1980. Après 15 ans d'utilisation unique du thiabendazole, des résistances sont apparues, et des traitements en alternance avec une autre substance active, l'imazalil (famille des imidazoles), ont été mis en place. Au début des années 1990, le bitertanol (famille des triazoles) fait son apparition et est utilisé jusqu'en 2011. L'arrivée de cette substance marque le début de l'usage des mélanges des substances actives suivantes : imazalil + thiabendazole et imazalil + bitertanol. Ces deux mélanges sont appliqués en alternance. Ensuite, le bitertanol est remplacé par l'azoxystrobine (famille des strobilurines) en 2012.

La probabilité de réaliser des traitements post-récolte est forte dès 1960, avec une estimation de 80 %. Ensuite, à partir de 1970, la probabilité est de 100 %, certaines exploitations ayant recours à des pratiques marginales (utilisation d'orange amère, citron ou bilimbi pour éviter les traitements chimiques).

4.1.2.2 Les modes de traitements

Après la récolte du régime de bananes au champ, celui-ci est apporté au hangar de conditionnement de l'exploitation qui se situe en général à proximité des parcelles. Il est découpé en mains puis en bouquets. Ensuite, un rinçage est effectué afin d'éliminer le latex s'écoulant par les cicatrices de découpe. Pour effectuer ce rinçage, les bananes sont disposées en vrac dans un bassin d'eau additionnée de sulfate d'alumine qui a des propriétés de floculation, de blocage du latex et également d'amélioration de l'activité des fongicides (Lassoudière, 2007). Le rinçage peut également être effectué avec de la javel. Ces deux produits sont des agents de nettoyage non intégrés dans la matrice.

Après rinçage, les bananes sont traitées avec des fongicides selon différentes méthodes : avant les années 1980 le tapotage du coussinet avec une éponge, autour des années 1980 l'immersion/trempage dans un bain, la pulvérisation des régimes avec du matériel à dos, et plus récemment le passage sous une lame d'eau dans un tunnel et l'aspersion dans un tunnel. Ces traitements sont réalisés par les planteurs et généralement avec une équipe spécifiquement formée aux traitements post-récolte. Ensuite, les bananes sont conditionnées et envoyées au port pour l'exportation vers l'Europe.

Il est important de noter que les bananes sont récoltées toute l'année, en continu, donc les traitements post-récolte ont lieu plusieurs fois par mois ou par semaine en fonction de la taille de l'exploitation. La fréquence de récolte aura une incidence directe sur la fréquence des sessions de traitements post-récolte des bananes, c'est-à-dire, le nombre de jours d'exposition des travailleurs aux produits. D'après une étude de l'Inra (Blazy, 2008), en Guadeloupe et Martinique, en 2007, près de 63 % des exploitations récoltent toutes les semaines ; 6 % tous les 10 jours et 31 % toutes les 2 semaines.

4.1.2.3 Les spécificités de la matrice fongicides post-récolte

Une matrice commune, Guadeloupe et Martinique, est construite pour la période de 1960 à 2004, ensuite une distinction est faite entre les deux îles.

Afin de limiter l'apparition de résistances, des alternances entre les substances actives sont réalisées. Il s'agit d'une alternance sur plusieurs mois ; par exemple 6 mois de l'année un produit est utilisé puis les 6 prochains mois un autre produit est utilisé. Ces alternances sont saisonnières. Actuellement afin d'assurer l'alternance des produits, le groupement de planteurs de Martinique conditionne la vente des produits à la période souhaitée. Ainsi au premier semestre de l'année, seul le thiabendazole est commercialisé puis lors du second semestre seule l'azoxystrobine est commercialisée. Ces alternances de mélanges peuvent légèrement être modifiées, par les stocks que les agriculteurs font et par les stocks disponibles chez les distributeurs de produits phytopharmaceutiques.

Le traitement post-récolte n'est pas effectué dans la parcelle, mais comme l'ensemble de la production annuelle sera traitée, la fréquence de traitement post-récolte indiquée dans la matrice est fixée à 1. Les exploitations récoltent en moyenne l'équivalent d'un régime par pied de bananier par an sur l'ensemble des parcelles (incluant les périodes de jachères ou de non production). Le régime de banane reçoit un seul traitement phytosanitaire avant l'expédition ; rapporté à l'échelle de la parcelle, celle-ci reçoit l'équivalent d'un traitement post-récolte par an.

De 1970 à 1985, il n'y a qu'une seule substance active utilisée, le thiabendazole, sa fréquence est donc de 1. De 1986 à 1990, il est préconisé d'utiliser 7 mois de l'année le thiabendazole en saison sèche puis 5 mois de l'année l'imazalil en saison humide ; par conséquent, les fréquences sont respectivement, de 0,6 et 0,4. De 1991 à 2004, l'association thiabendazole + imazalil est en alternance avec l'association bitertanol +

imazalil. Les fréquences sont respectivement de 0,5 et 0,5. De 2005 à 2011, les mêmes associations sont utilisées, toutefois les fréquences sont respectivement de 0,4 et 0,6. En 2012, l'azoxystrobine remplace le bitertanol. Dès 2013, les associations thiabendazole + imazalil et azoxystrobine + imazalil sont utilisées alternativement. Les fréquences sont respectivement de 0,5 et 0,5.

L'intensité des traitements post-récolte est très difficile à estimer, car il y a peu d'études sur cette pratique pourtant réalisée par tous les planteurs. Les intensités, même théoriques, ne sont pas connues pour les substances actives de 1960 à 1970. Les informations récoltées et les rencontres avec les experts n'ont pas permis de déterminer précisément les intensités pratiquées par les planteurs de 1971 à 2004 en Martinique et jusqu'en 2008 en Guadeloupe. Pour ces périodes la matrice indique des intensités théoriques. Celles-ci sont définies sur la base du calcul du rendement moyen en t/ha et de la dose recommandée de bouille par tonne de bananes. **Les variations de rendements de production influencent donc les intensités au cours du temps.** Pour les années récentes, l'intensité réelle est estimée à partir des volumes de substances actives vendues et des surfaces en banane. En saison sèche, moins favorable au développement des maladies fongiques, l'intensité en substance active peut-être plus faible qu'en saison humide. Il y a une variation intra-annuelle mais également interannuelle en fonction des conditions météorologiques. Ainsi, compte tenu de la méthode de traitement, des conditions météorologiques et de la variabilité de quantité de bananes à traiter à chaque session de traitements, il n'est pas exclu d'éventuels sous- et surdosage en substances actives des bouillies préparées. La matrice ne distingue pas ces variations.

4.1.2.4 Les produits phytopharmaceutiques utilisés

→ Les dithiocarbamates

Des substances actives de la famille des dithiocarbamates ont été testées de 1960 à 1970. Leurs usages sont très peu connus, cependant, renseignés en partie dans la matrice.

→ Les benzimidazoles

Les benzimidazoles sont utilisées dès 1960, et par 100 % des planteurs de 1971 à 2015. La principale substance active utilisée est le thiabendazole, appliquée seule au début puis en association avec l'imazalil depuis 1991. Cette solution se présente sous forme d'une suspension concentrée. L'association thiabendazole + imazalil était utilisée en alternance avec l'association imazalil + bitertanol.

Le bénomyl a pu être également utilisé en traitement post-récolte notamment lors de ruptures de stock en thiabendazole. Son usage n'a pas pu être décrit dans la matrice, toutefois la famille des benzimidazoles est représentée par le thiabendazole, largement utilisé. De plus le bénomyl a été utilisé contre les traitements cercosporioses de 1972 à 2003.

→ Les imidazoles

L'unique substance active de cette famille est l'imazalil, présentée sous forme d'une poudre mouillable. Elle est utilisée de 1986 à 2015, par 100 % des planteurs. Jusqu'en 1990, elle est utilisée seule et en alternance avec le thiabendazole. Depuis 1991, elle est utilisée en association avec les autres substances actives disponibles.

→ Les triazoles

L'unique substance active de cette famille utilisée en traitement post-récolte est le bitertanol, présenté sous forme d'un concentré émulsifiable. Il est utilisé de 1991 à 2011, par 100 %

des planteurs. Il était utilisé en association avec l'imazalil et en alternance avec le mélange thiabendazole + imazalil.

→ Les strobilurines

L'unique substance active de cette famille est l'azoxystrobine, présentée sous forme d'une suspension concentrée. Elle est utilisée à partir de 2012 suite à l'arrêt du bitertanol (famille des triazoles) et jusqu'à 2015. Elle est utilisée en association avec l'imazalil et en alternance avec le mélange thiabendazole + imazalil. L'azoxystrobine apparaît plus efficace que le thiabendazole ; c'est pourquoi l'azoxystrobine est préférentiellement utilisée en saison humide.

4.2 Les traitements herbicides

4.2.1 L'histoire des traitements

Les adventices, communément appelées les mauvaises herbes, sont un problème en bananeraies. Elles entrent en concurrence avec le bananier (pour les éléments nutritifs, l'eau et la lumière), en particulier pour les jeunes bananiers. Elles peuvent également favoriser le développement de ravageurs comme les thrips, responsables des attaques de rouilles sur les régimes. Dans les exploitations bananières antillaises, les herbicides peuvent être utilisés pour différents usages : pour les adventices sur et entre les rangs de bananiers, pour la destruction du précédent ou de la jachère avant plantation, pour l'œilletonnage chimique (pratique abandonnée avant les années 2000 consistant à supprimer les rejets non désirés), pour la destruction de la bananeraie (destruction par piquage du faux-tronc ou destruction mécanique suivie d'un ou plusieurs traitements au glyphosate) et pour l'entretien de l'exploitation agricole, bordures de parcelles, hangars et chemins. La diversité de ces usages au sein de l'exploitation est difficile à différencier, la matrice prend donc en compte l'ensemble de ceux-ci sans distinction (Lassoudière, 2013).

La gestion des adventices a principalement lieu pendant les 3 mois suivant la plantation, temps nécessaire pour une couverture du sol quasi-totale par les feuilles du bananier ; puis entre la récolte du régime et la repousse du rejet suffisante pour couvrir le sol. Le reste du temps, la bananeraie recouvre 60-70 % du sol, ce qui diminue la capacité des adventices à se développer. Il peut y avoir une grande variation des pratiques intra- et interannuelles, en fonction des conditions climatiques, favorisant ou non le développement des adventices (Institut Technique Tropical, 2013).

Jusqu'au milieu des années 1960, le désherbage manuel est la principale méthode, elle consiste à l'arrachage ou au sarclage. Le désherbage chimique était peu pratiqué par les planteurs pour diverses raisons : craintes d'un effet néfaste sur les bananiers, coût d'achat élevé, trésorerie insuffisante etc. Toutefois, l'usage des traitements chimiques en bananeraies antillaises a débuté vers 1960 dans les grandes exploitations agricoles ; les petites et moyennes exploitations bananières ont privilégié l'enterrage vert, il s'agit d'un sarclage des adventices qui sont ensuite enterrées dans la bananeraie, apportant de la matière organique. Cette pratique était difficilement réalisable par les grandes exploitations agricoles qui ont, par conséquent, adopté plus rapidement la méthode chimique. L'adoption des herbicides a été progressive jusqu'au milieu des années 1970, où la pratique du désherbage chimique s'est généralisée à l'ensemble des exploitations bananières. La probabilité d'utiliser des herbicides a fortement évolué de 1960 à 1974, passant de 40 % à 95 %. Aujourd'hui, le désherbage chimique est utilisé par l'ensemble des exploitations bananières antillaises. Depuis l'adoption des herbicides par l'ensemble des planteurs en 1974, la fréquence moyenne est de 5 traitements par an. De nouvelles techniques de gestion des adventices se sont développées depuis les années 2000 afin de limiter l'utilisation des

herbicides ; comme l'installation des plantes de couvertures ou le désherbage mécanique à la débroussailleuse. Enfin, le niveau d'acceptation des planteurs de l'état de l'enherbement des parcelles varie au cours du temps et en fonction du type d'exploitation.

4.2.2 Les modes de traitements

Les traitements herbicides sont souvent effectués avec un mélange de plusieurs substances actives. Ces mélanges, associations, ne sont pas décrits mais la matrice les prend en considération dans le calcul des indicateurs par substance active. Les principaux mélanges sont : paraquat + diquat ou dalapon ou diuron ou amétryne ; glufosinate d'ammonium + diuron ou dalapon ; amétryne + simazine ; dalapon + simazine ; paraquat + amétryne + simazine. Il existe probablement d'autres mélanges mais ils sont plus marginaux. Certaines substances actives sont exclusivement utilisées seules (sauf exceptions), comme le glyphosate, la cycloxydime et le fluazifop-p-butyl.

A cause des pentes, de nombreuses parcelles ne sont pas mécanisables par conséquent la majorité des planteurs utilisent des pulvérisateurs à dos. Toutefois, il existe d'autres techniques d'épandage des herbicides.

De plus, avec les herbicides de post-levée, les traitements ne sont pas effectués en plein, c'est-à-dire, que seules des taches d'adventices sont traitées ; ce qui n'est pas le cas avec des herbicides de prélevée qui sont généralement appliqués en plein, sur l'ensemble de la parcelle.

Les traitements herbicides sont généralement additionnés d'adjuvants qui ont un rôle de mouillant pour améliorer l'efficacité des substances actives en augmentant le contact entre le produit et les adventices. Ces adjuvants n'ont pas été pris en compte dans la matrice.

4.2.3 Les spécificités de la matrice herbicides

Les usages herbicides dans les bananeraies antillaises, ne sont pas distingués entre la Guadeloupe et la Martinique de 1960 à 1996. À partir de 1997, les indicateurs d'exposition sont distincts pour chacun des deux départements.

En fonction de la localisation géographique des exploitations bananières, il peut y avoir une grande différence de fréquence d'utilisation ; notamment entre les exploitations en plaine et en basse altitude, et celles en zone de montagne et en plus haute altitude qui réalisent 1 à 2 traitements de moins par an. Les erreurs de dosage lors de la préparation des bouillies sont courantes, d'autant plus que la majorité des herbicides ont un coût peu excessif.

4.2.4 Les produits phytopharmaceutiques utilisés

Avant 1960, il existe de nombreux herbicides qui ont pu être utilisés en bananeraies, ils étaient à base de monuron (CMU), diuron (DCMU), pentachlorophénate de sodium, thiocyanate d'ammonium, dinosèbe, acide trichloroacétique (TCA), de 2,4-MCPA, de 2,4,5-T, de 2,4-D et linuron. La matrice ne renseigne pas ces substances actives utilisées avant 1960.

➔ Les phénols

Le PCP ou pentachlorophénol est l'herbicide le plus utilisé au début des années 1960. Il s'agit d'un herbicide de contact utilisé en pré et post-levée qui a quasiment été abandonné dès 1964 avec la généralisation du paraquat (famille des ammonium quaternaire). Il était utilisé seul ou en mélange avec du diuron, l'équivalent d'une seule fois par an par quasiment l'ensemble des planteurs réalisant des traitements herbicides.

→ Les urées substituées

L'unique substance active de cette famille est le diuron, présentée sous forme de granulés dispersables, c'est un herbicide de prélevée. Il était utilisé de 1960 à 1989, par 4 % à 14 % des planteurs à une fréquence comprise entre 1 et 2 traitements.

→ Les acides organiques halogénés

L'unique substance active de cette famille est le dalapon. Il était utilisé de 1960 à 1974, par 10 % à 24 % des planteurs à une fréquence comprise entre 1 et 2 traitements. C'est un herbicide systémique, de post-levée, utilisé contre les graminées sur les chemins dans les bananeraies.

→ Les ammoniums quaternaires

La principale substance active de cette famille est le paraquat. Il y a également le diquat. L'usage de ces deux herbicides de contact se généralise en 1964, avec un succès très rapide. En effet, le paraquat va remplacer le PCP et devenir l'herbicide le plus utilisé jusqu'en 1996 (remplacé ensuite par le glyphosate). Il a été utilisé par la majorité des exploitations bananières à raison d'une fréquence de 2 à 5 traitements par an. Il est principalement appliqué en association notamment avec le diquat, mais aussi avec un grand nombre d'autres substances actives. Cet herbicide de contact a été utilisé de 1960 à fin 2007. L'intensité d'utilisation du paraquat est très variable, allant de 200 g/ha à 800 g/ha. Elle varie en fonction du mélange et de la cible.

Le diquat est encore homologué en production bananière. Jusqu'en 2007, le diquat était principalement utilisé en association avec le paraquat, notamment pour le débroussaillage car très efficace sur les plantes grasses et les lianes. Depuis 2008, il est utilisé seul et à partir de 2011 son usage est restreint à un traitement lors de la 1^{ère} année d'implantation. Au vu des volumes utilisés, il ne semble pas que cette restriction soit complètement respectée.

→ Les triazines

Les triazines sont des herbicides de prélevée appliqués sur l'ensemble de la parcelle. Sur les trois triazines utilisées aux Antilles, l'atrazine a été la première utilisée (1964) et a progressivement été remplacée par deux autres triazines : la simazine et l'amétryne. La simazine a toujours été appliquée en association avec l'amétryne. Ces herbicides étaient plutôt utilisés lors de phases de replantation. Les triazines ont été utilisées par environ 70 % des planteurs de 1973 à 1989, ensuite leurs usages diminueront progressivement jusqu'à leurs interdictions en 2003. Elles ont été utilisées à une fréquence moyenne comprise entre 1 et 2 traitements par an.

→ Les aminophosphonates

L'unique substance active de cette famille est le glyphosate. Il s'agit d'un herbicide systémique post-levée qui a différents usages en bananeraies : désherbage des parcelles, destruction de la bananeraie en piquage ou en plein, désherbage de la jachère avant plantation des jeunes bananiers (jusqu'à un traitement tous les 3 mois) et parfois entre les rangs dans la parcelle en production ainsi que des usages hors parcelles pour la gestion de l'enherbement des bordures de parcelles, des traces, des alentours des hangars etc. L'usage du glyphosate débute en 1974 et se généralise en 1997, lorsque son prix devient abordable pour les planteurs. En effet la levée de la protection de la marque RoundUp®, composée de glyphosate, a permis la généralisation de son usage. Auparavant, le glyphosate était cher et donc seulement utilisé dans les cas difficiles ou par des planteurs qui avaient des moyens financiers suffisants.

Ainsi, la probabilité d'utilisation du glyphosate parmi les planteurs de bananes passe de 15 % au début des années 1980 à 90 % dès 1997. Aujourd'hui encore, le glyphosate est massivement utilisé par les planteurs. Depuis 1997, sa fréquence de traitement est d'environ 2,5 traitements par an.

→ Les aminophosphinates

L'unique substance active de cette famille est le glufosinate d'ammonium. C'est un herbicide de contact post-levée, utilisé seul et principalement sur les parcelles nouvellement plantées. Son usage débute en 1985 avec une probabilité de 30 %. A partir de 1990, la probabilité augmente pour atteindre jusqu'à 85 % en 2008. La fréquence de traitement a également fortement augmenté, passant de 1 traitement par an à la fin des années 1980, à 2,1 en Martinique en 2013 et 2,7 en Guadeloupe en 2014.

→ Les aryloxyphénoxy-proprionates

L'unique substance active de cette famille est le fluazifop-p-butyl. C'est un herbicide systémique post-levée disponible aux Antilles depuis le milieu des années 1980, mais son usage sera significatif seulement à partir de 2006 en Guadeloupe et 2008 en Martinique. Auparavant, il était peu utilisé, par seulement 10 % des planteurs entre 1985 et 1989, à cause de son coût élevé et de l'usage important du paraquat jusqu'en 2007.

→ Les cyclohexanes-diones

Deux cyclohexanes-diones ont été utilisées en bananeraies entre 1985 et 2003, la sethoxydime, un herbicide systémique post-levée utilisé par seulement 10 % des planteurs antillais entre 1985 et 1989 et la cycloxydime, un herbicide non homologué en bananeraie mais pourtant utilisé entre 1990 et 2003, surtout en Martinique, où il a été utilisé par 50 % des planteurs entre 1997 et 2003. La cycloxydime était homologuée en canne à sucre et ananas et était surtout un herbicide concurrent et ayant les mêmes propriétés que le fluazifop-p-butyl, mais il était moins cher. La cycloxydime a peu été utilisée en Guadeloupe.

Quelques **herbicides marginaux**, ayant pu être faiblement utilisés, ne sont pas intégrés dans la matrice. C'est le cas du 2,4-D de la famille des aryloxy-acides qui a été un peu utilisé en œilletonnage mais il est phytotoxique pour le bananier donc vite abandonné ; du sulfosate de la famille des aminophosphonates utilisé en Guadeloupe de 1998 à 2003 ; et de l'oryzalin de la famille des amines, amides, qui est un anti-germinatif ayant remplacé les triazines, mais qui est peu utilisé notamment à cause de problèmes d'approvisionnement.

4.3 Les traitements insecticides

En bananeraie, il existe deux types de ravageurs pour lesquels des traitements chimiques sont réalisés. Le premier concerne les insectes du sol (incluant les nématodes) affectant la partie souterraine du bananier (bulbe et racines). Le deuxième concerne les insectes de la partie aérienne du bananier (incluant les acariens). Contre ces deux types de ravageurs, les substances actives utilisées, les méthodes, les probabilités et les fréquences d'utilisation sont très différentes. La matrice distingue les traitements insecticides en général ainsi que ces deux sous-groupes.

4.3.1 Les insecticides appliqués au sol

4.3.1.1 L'histoire des traitements

Il existe deux ravageurs de la partie souterraine du bananier : les nématodes et les charançons. Les **nématodes** (*Radopholus similis*, *Pratylenchus spp*, *Pratylenchus coffeae*) sont des endoparasites migrants créant des nécroses racinaires. Ces dernières perturbent l'alimentation minérale et hydrique entraînant une diminution de croissance et un ancrage au sol moindre. Le risque est la chute du plant en période venteuse. Le **charançon noir** (*Cosmopolites sordidus*) est un insecte causant des dégâts à l'état larvaire. Les larves creusent des galeries dans le bulbe du bananier fragilisant le plant et augmentant les risques de chute. Comme les nématodes, ils perturbent l'alimentation minérale et hydrique, donc la croissance du bananier (Lassoudière, 2007). Le parasitisme par les charançons a été découvert dans les années 1940, celui par les nématodes dans les années 1950. Il y a eu une utilisation intensive des pesticides contre le parasitisme tellurique dès les années 1960 et jusqu'au milieu des années 1990, période marquée par la fin d'autorisation du chlordécone en 1993 (cf. Annexe B) et des événements climatiques forts, rendant obligatoires de nombreux chantiers de replantations. Des années 1970 à 1990, les déchets et vieilles souches abandonnés étaient traités avec différents mélanges, en particulier avec du HCH, de l'aldrine et du méthyl-parathion. Ces cocktails provoquaient un effet choc de courte durée contre les charançons. Ces déchets traités étaient ensuite enfouis dans la parcelle. Nous n'avons pas de notion de l'étendue de cette pratique auprès des exploitants agricoles. Il n'est pas possible d'intégrer cette pratique phytosanitaire à la matrice car elle est non mesurable. Les souches de bananiers utilisées pour la nouvelle plantation recevaient un traitement insecticide et nématicide avant plantation, cette pratique était appelée le pralinage. Cette pratique a été abandonnée avec l'arrivée des vitroplants au milieu des années 1990. Quelques années après l'arrêt du chlordécone, de nouvelles pratiques ont permis de réduire l'usage des insecticides et nématicides, comme l'utilisation des vitroplants, la mise en place de jachères ou la réalisation de rotations culturales, puis, autour des années 2000, l'introduction des pièges à charançons à base de phéromones. Le nombre de substances actives disponibles a fortement diminué, passant à une seule substance active (fosthiazate) depuis 2012 (Lassoudière, 2012).

La probabilité d'utilisation des insecticides du sol est très élevée dès 1960, près de 90 % des planteurs réalisent au moins un traitement. A partir du milieu des années 1970, ce chiffre se rapproche des 100 %. Ce n'est seulement qu'au milieu des années 1990 que la probabilité d'utilisation d'un insecticide du sol diminue progressivement, jusqu'à environ 50 % en 2015. Les fréquences d'utilisation préconisées dans les guides techniques étaient très élevées, en général 2 à 3 traitements par ravageur, soit 4 à 6 traitements par an. Ces préconisations n'ont pas été suivies par les agriculteurs pour plusieurs raisons : coût de la main d'œuvre pour traiter, coût des produits et efficacité à une fréquence inférieure à celle recommandée. De plus, avec l'arrivée des vitroplants et la mise en place de jachères pour assainir les parcelles vers les années 1990, la fréquence des traitements a progressivement diminué,

passant de presque 3 traitements dans les années 1960 à moins de 0,5 traitement par an en 2015.

4.3.1.2 Les spécificités de la matrice insecticides appliqués au sol

Les substances actives peuvent avoir une seule ou plusieurs cibles, ainsi il existe trois types de produits : des produits spécifiques nématicides (nématodes), des produits spécifiques insecticides (charançons) et des produits dits « mixtes » qui sont des nématicides à action également insecticides (qui semblent avoir été peu appréciés par les planteurs, car peu efficaces sur les charançons et parfois moins efficaces sur les nématodes que les nématicides spécifiques). Les traitements insecticides contre les charançons et les traitements nématicides contre les nématodes ont été regroupés ensemble puisque certaines substances actives sont mixtes.

Les usages d'insecticides appliqués au sol dans les bananeraies antillaises, ne sont pas distingués entre la Guadeloupe et la Martinique de 1960 à 1995. A partir de 1996, les indicateurs d'exposition sont distincts pour chacun des deux départements. On observe des différences importantes dans les substances actives utilisées et leurs probabilités. Ces différences s'expliquent par les pratiques antérieures qui n'étaient pas les mêmes entre la Guadeloupe et la Martinique. En effet, le département de la Martinique a été plus souvent le précurseur dans l'usage des insecticides et nématicides, avec des objectifs de rendement plus importants qu'en Guadeloupe. Ceci s'explique notamment par la structure des exploitations agricoles. Il y a plus de grandes exploitations bananières en Martinique qu'en Guadeloupe. Lorsque certaines substances actives n'étaient plus utilisées en Martinique, car devenues moins efficaces après un usage intensif, ces mêmes substances étaient encore utilisées en Guadeloupe (par exemple l'ethoprophos n'est quasiment plus utilisé depuis 1995 en Martinique alors qu'en Guadeloupe il a été utilisé jusqu'en 2009). Ces différences probablement notables entre la Guadeloupe et la Martinique avant 1996 n'ont pas pu être quantifiées dans la matrice au vu de la faiblesse des informations disponibles.

La fréquence d'utilisation est calculée à partir de la proportion de parcelles traitées dans l'exploitation. En effet, les pratiques diffèrent selon l'âge des parcelles. Ainsi, dans les années 1960 à 1990, l'ensemble des parcelles étaient traitées tous les ans, puis avec les nouveaux itinéraires techniques permettant de limiter le développement des ravageurs, les parcelles ont progressivement été traitées seulement après 3 ou 4 ans de plantation. Aujourd'hui, des analyses de sols sont effectuées avant de réaliser un traitement. Les intensités d'utilisation de la matrice sont les intensités recommandées par les guides techniques des coopératives bananières, qui correspondent à une quantité de produit commercial par pied de bananier. La densité moyenne de bananiers, représentative de l'ensemble des exploitations au cours du temps, est estimée à 2000 pieds/ha (avec une variation au cours du temps, et selon les exploitations, de 1500 à 2500 pieds/ha environ). Compte tenu du coût des produits, il semblerait que les doses préconisées étaient respectées par les planteurs et qu'il n'y avait pas non plus de sous-dosage, afin d'assurer l'efficacité du produit.

4.3.1.3 Les modes de traitements

Les traitements sont effectués manuellement autour du pied de bananier. La majorité des produits utilisés est sous forme solide, de granulés ou de poudre et est épanchée par le planteur avec un système de verre doseur (par exemple, pour appliquer 30g/pied d'un produit, un pot de yaourt était utilisé comme étalon). Certains produits sous forme liquide, en concentré émulsifié, étaient appliqués par pulvérisateur à dos. Un nématicide, le DBCP, était sous forme d'un liquide-gazeux, il était donc appliqué avec un pal injecteur qu'il fallait enfoncer dans 15-20 cm de sol, et réaliser plusieurs injections autour du pied de bananier (Lassoudière, 2012).

Les substances actives utilisées contre les nématodes et charançons ne sont pas appliquées en associations. Des alternances entre les substances sont réalisées en particulier à partir des années 1990.

Exception de la pratique du pralinage :

Le pralinage est une technique de désinfection du plant de bananier, en enduisant toutes les zones bulbaires entaillées par le parage avec une bouillie généralement additionnée d'un nématicide. Les planteurs trempaient dans un bain d'argile (bentonite) contenant un nématicide le plant de bananier avant de le planter dans une parcelle. Cette pratique permettait d'assainir le plant venant d'une parcelle contaminée par les nématodes. Elle a été réalisée jusqu'aux années 1990 et a été remplacée par l'utilisation de vitroplants indemnes de ravageurs et la réalisation de jachères assainissantes. Le pralinage pouvait être réalisé lors de la plantation d'une nouvelle parcelle et/ou lors du recourage d'une parcelle. D'après la littérature, les planteurs utilisaient l'équivalent d'un gramme de substance active par plant de bananier. Les principales substances actives utilisées de 1960 à 1973 sont le DBCP, l'HCH et l'aldrine puis l'ethoprophos de 1974 à 1990 (Lassoudière, 2012).

4.3.1.4 Les produits phytopharmaceutiques utilisés

→ Les organochlorés

Les organochlorés ont été utilisés de 1960 à 1993, contre les charançons (HCH, lindane, dieldrine, aldrine, chlordécone), et contre les nématodes (dibromochloropropane - DBCP). De 1960 à 1973, seuls des organochlorés sont utilisés contre les charançons et nématodes. Des années 1950 à 1971, l'HCH était le principal insecticide utilisé contre les charançons, il a rapidement été abandonné pour l'usage du chlordécone. En effet, l'HCH était devenu de moins en moins efficace. Sa fréquence et son intensité de traitements avaient fortement augmenté pendant ces vingt années d'utilisation.

Le DBCP, l'unique nématicide de 1960 à 1973, était utilisé par presque 50 % des planteurs. Son usage a rapidement décliné avec l'arrivée de l'ethoprophos et du phénamiphos, deux organophosphorés plus faciles à épandre.

De 1973 à 1993, les organochlorés ont été les substances actives les plus utilisées par les planteurs contre les ravageurs du sol. La principale, le chlordécone (cf. Annexe B), a été la dernière substance active de la famille chimique des organochlorés à être homologuée en bananeraie.

Le lindane a été peu utilisé, excepté lors de l'indisponibilité en chlordécone de 1979 à 1981. Il a été utilisé par environ 40 % des planteurs.

L'aldrine et la dieldrine sont deux substances actives qui ont été peu utilisées par les planteurs.

La probabilité d'utilisation des organochlorés a été très forte, oscillant entre 77 % et 96 %, sauf de 1979 à 1981, lors de l'absence momentanée de distribution du chlordécone. Globalement, la fréquence des traitements en organochlorés est passée d'environ 3 traitements par an (1966) à 1,3 (1982).

→ Les organophosphorés

Les organophosphorés sont utilisés depuis 1974, comme insecticides (isophenphos, pyrimiphos-ethyl), nématicides (ethoprophos, isazophos, phenamiphos) et comme produits mixtes (cadusafos, fosthiazate, terbufos).

La probabilité d'utilisation des organophosphorés est passée d'environ 80 % dans les années 1970 à 50 % en 2015. La fréquence des traitements a chuté de plus de 2 traitements par an à moins de 0,5 en 2015. Il existe peu de différences d'utilisation des organophosphorés entre la Guadeloupe et la Martinique.

En 1974, l'ethoprophos et le phénamiphos ont remplacé l'usage du DBCP (organochloré), et sont devenus les deux principaux nématicides utilisés jusqu'en 1981, par respectivement 43 % et 60 % des planteurs.

L'isazophos en 1982, le cadusafos en 1989 et le terbufos en 1994 sont arrivés et ont progressivement remplacé l'usage de l'ethoprophos et du phénamiphos en tant que nématicides.

C'est lors de l'indisponibilité en chlordécone de 1979 à 1981 que le pyrimiphos-ethyl a été le plus utilisé, par plus de 40 % des planteurs. Sinon son usage fut faible, inférieur à 5 % pendant toute la période de disponibilité en chlordécone.

L'isophenphos a été peu utilisé par les planteurs.

Depuis 2008 en Martinique et 2010 en Guadeloupe, seul le fosthiazate, une substance de la famille des organophosphorés est utilisée contre les charançons et nématodes. Depuis 2012, c'est l'unique substance active homologuée contre ces deux ravageurs.

→ Les carbamates

Les carbamates ont été utilisés de 1974 à 2011, dernière année d'homologation de l'oxamyl. Ce sont principalement des substances actives à action nématicide (carbofuran, oxamyl), sauf l'aldicarbe considéré comme un produit mixte.

De 1974 à 1988, seul l'aldicarbe est utilisé par moins de 3 % des planteurs. L'usage des carbamates augmente au milieu des années 1990 et à la fin des années 2000, avec près de 50 % d'utilisation, notamment avec l'augmentation de l'usage de l'aldicarbe et l'arrivée en 1989 de l'oxamyl. L'aldicarbe sera utilisé jusqu'en 2003, et l'oxamyl jusqu'en 2011.

Le carbofuran, probablement utilisé depuis 1976 aux Antilles, a été peu utilisé par les planteurs, seulement 3 % entre 1994 et 1998.

La fréquence d'utilisation des carbamates a diminué au cours des 30 dernières années, et est en moyenne plus élevée en Guadeloupe.

→ Les phénylpyrazoles

L'unique substance active de cette famille est le fipronil, présentée sous forme de microgranulés. Il était utilisé en bananeraie contre les charançons de 1994 à 2003, par moins de 20 % des planteurs à une fréquence moyenne de 1,2 traitement. L'interdiction du fipronil a poussé à l'usage des pièges à charançons car il est le dernier insecticide homologué contre les charançons.

4.3.2 Les insecticides en traitements de la partie aérienne des bananiers

De nombreux ravageurs attaquant la partie aérienne, fruits et feuilles, du bananier nécessitent l'application de produits phytopharmaceutiques. Les plus importants, les **thrips** (thrips de la rouille argentée, thrips de la rouille rouge et thrips de la fleur), attaquent le fruit et donc impactent sa qualité et sa commercialisation. Les **acariens tétraniques** ou **araignées rouges** et les **aleurodes** prolifèrent sur les feuilles du bananier et bloquent l'activité photosynthétique et donc affectent le remplissage du régime (le rendement en bananes). Le dernier ravageur, la **fourmi**, n'est pas vraiment un ravageur des cultures de banane. Les fourmicides sont utilisés en tant que biocides pour la protection des travailleurs agricoles qui se font piquer par les fourmis.

Il est important de noter qu'il existe peu d'informations sur les pratiques phytosanitaires réalisées sur la partie aérienne du bananier, puisqu'il ne s'agit pas de traitements jugés « indispensables » par les planteurs, du fait des attaques de ces ravageurs généralement localisées dans le temps et l'espace.

4.3.2.1 L'historique des traitements

Les **thrips** sont ponctuellement traités depuis le milieu des années 1970 à l'aide de différentes méthodes, par gaine prétraînée, par gaine traitée par le planteur ou par pulvérisation. Les gaines enveloppent le régime de bananes afin de le recouvrir complètement et d'empêcher l'entrée des ravageurs. Les gaines prétraîtees et traitées par les planteurs ont été utilisées du milieu des années 1970 au milieu des années 1990. Depuis, des gaines non-traitées sont utilisées. Les attaques de thrips peuvent être maîtrisées par le maintien de la propreté des parcelles en adventices, l'épistillage au champ, l'ablation précoce de la popote et le gainage précoce du régime (gaine non-traitée). Ces pratiques de contrôle non-chimique sont recommandées depuis les années 1990-2000. Aujourd'hui l'utilisation de gaines non traitées par les planteurs est majoritaire, toutefois l'ajout d'un traitement chimique par pulvérisation est parfois nécessaire.

Les **acariens** sont traités chimiquement de 1975 à 2003 de manière ponctuelle. A partir de 2004, il n'existe plus de produits phytopharmaceutiques homologués contre ce ravageur. Probablement, dès le début des années 2000, il n'y a plus eu de traitements contre les acariens, car à priori la problématique des acariens serait liée à l'usage intensif d'insecticides qui favorisaient leur développement (la même problématique est observé sur la vigne en métropole). Aujourd'hui, seule une méthode de prophylaxie permet de limiter le développement des acariens, il s'agit de couper les feuilles attaquées. La lutte contre les acariens est souvent assimilée à la lutte contre les insectes, bien qu'il existe une différence entre les deux. Dans ce guide technique, les acaricides sont intégrés au groupe des insecticides.

En 2009, un biocide contre les **fourmis** a été homologué. Auparavant il n'y avait aucun traitement réalisé contre les fourmis. Cette problématique est apparue vers 2003-2004 après l'interdiction d'insecticides. Les fourmis étaient donc auparavant contrôlées indirectement par d'autres insecticides (pyréthriinoïdes) appliqués sur les bananiers.

Enfin, le développement des **aleurodes** dans les bananeraies a débuté en 2003-2004, probablement suite à l'interdiction de nombreux insecticides, notamment les acaricides. D'après les spécialistes en production bananière, les aleurodes furent rapidement un problème dans certaines bananeraies, mais après quelques années il y aurait eu une régulation des ravageurs entre eux et ils causent très peu de ravages aujourd'hui. Les pratiques phytosanitaires pour lutter contre les aleurodes sont peu connues car peu pratiquées par les agriculteurs. Pour les bananeraies nécessitant la réalisation de traitements, les planteurs ont certainement utilisé les produits phytopharmaceutiques homologués contre les aleurodes en cultures maraichères (substances de la famille des pyréthriinoïdes, des dérivés de pyridine etc.). Depuis 2012, l'huile essentielle d'orange douce est homologuée en bananeraies contre les aleurodes. La faible disponibilité d'informations dans les guides techniques et auprès des spécialistes, met en évidence un usage marginal de produits phytopharmaceutiques contre les aleurodes, avec une probabilité inférieure à 5 %. Par conséquent, les traitements contre les aleurodes ne sont pas renseignés dans la matrice insecticides appliqués sur la partie aérienne du bananier.

La probabilité de traiter contre au moins l'un des ravageurs de la partie aérienne du bananier est maximale entre 1989 et 1998, soit environ 45 %, avec une fréquence moyenne de 0,5. En 2015, moins de 30 % des planteurs utilisent un insecticide sur la partie aérienne du bananier avec une fréquence de 0,2.

4.3.2.2 Les modes de traitement

Il existe différentes méthodes chimiques de contrôle des **thrips** : l'usage de gaines prétraîtees en organophosphorés (diazinon ou chlorpyrifos-ethyl), l'usage de gaines

traitées par le planteur en saupoudrant avec du diazinon, la pulvérisation du tronc du bananier et du régime (diazinon, chlorpyriphos-éthyl, lambda cyhalothrine ou deltaméthrine) ou la pulvérisation d'herbicides additionnés d'insecticides (deltaméthrine ou diazinon). Les pulvérisations sont réalisées par tache sur les parcelles. Les gaines sont déposées une à une sur l'ensemble des régimes de la parcelle.

Les **acariens**, **aleurodes** et **fourmis** sont traités à l'aide d'un pulvérisateur ou atomiseur par tache.

Les substances actives sont utilisées seules, excepté pour le tétradifon et le dicofol utilisés en association contre les acariens. Il n'a pas été possible de déterminer l'ampleur des pulvérisations d'herbicides additionnés d'insecticides.

Aucune alternance des substances actives n'a été observée.

4.3.2.3 Les spécificités de la matrice insecticides en traitements de la partie aérienne des bananiers

Les usages d'insecticides appliqués sur la partie aérienne des bananiers ne sont pas distingués entre la Guadeloupe et la Martinique sur l'ensemble de la période renseignée : de 1975 à 2015.

La fréquence d'utilisation dépend de la méthode de traitements utilisée. La fréquence des traitements réalisés par pulvérisation (chlorpyriphos-ethyl, deltaméthrine, dicofol, tetradifon, bromopropylate, spinosad et diazinon de 1999 à 2008) est calculée à partir de l'estimation de la proportion de la surface en banane de l'exploitation traitée, soit 20 % de l'exploitation traitée 1,5 fois par an, d'où une fréquence de 0,3. La fréquence des traitements réalisés par gainage (diazinon) de 1975 à 1998 est calculée par proportion de parcelles en production dans l'exploitation, soit l'équivalent de 5 parcelles sur 6 environ (1 parcelle en jachère), d'où une fréquence de 0,8. En effet, les gaines sont appliquées sur l'ensemble des bananiers produisant un régime. La matrice indique les intensités théoriques recommandées aux planteurs dans les guides techniques, ces doses recommandées sont initialement renseignées par régime, puis converties en litre par hectare avec une densité moyenne de plantation de 2000 pieds/ha.

4.3.2.4 Les produits phytopharmaceutiques utilisés

→ Les organophosphorés

La principale substance de la famille des organophosphorés est le diazinon, utilisé contre les thrips de 1975 à 2008, dernière année d'utilisation autorisée. Environ 15 % des planteurs l'ont utilisé à une fréquence de 0,3 (en pulvérisation) ou de 0,8 (en gainage). Cette substance était disponible sous forme liquide pour la pulvérisation ou sous forme de poudre pour le gainage. Le diazinon a également pu être utilisé en mélange avec des herbicides.

Le chlorpyriphos-éthyl a été utilisé de 1975 à 1998 par moins de 10 % des planteurs à une fréquence de 0,3 contre les thrips. Il aurait été également utilisé contre les acariens.

Ainsi, de 1975 à 2008, la famille des organophosphorés est la principale famille chimique utilisée contre les insectes de la partie aérienne.

→ Les pyréthriinoïdes

La deltaméthrine a été utilisée contre les thrips de 1975 à 2008, par moins de 10 % de l'ensemble des planteurs, et à une fréquence de 0,3. De 2009 à 2015, une autre pyréthriinoïde, la perméthrine est utilisée contre les fourmis par environ 10 % des planteurs. La fréquence d'utilisation des pyréthriinoïdes est de l'ordre de 0,3 passage.

→ Les carbinols

Deux carbinols ont été utilisés contre les acariens : le bromopropylate, seul, et le dicofol uniquement en association avec un sulfonate, le tetradifon. Les carbinols ont été utilisés de 1981 à 1998 par environ 15 % des planteurs à une fréquence de 0,3. Le dicofol est le principal carbinol utilisé.

→ Les sulfonates

L'unique substance active de cette famille est le tetradifon, utilisé de 1981 à 1998 uniquement en association avec le dicofol, un carbinol, par environ 10 % des planteurs à une fréquence de 0,3 traitements.

→ Les spinosïdes

L'unique substance active de cette famille est le spinosad, présenté sous forme liquide. Il est utilisé contre les thrips depuis 2009, par moins de 20 % des exploitations bananières antillaises.

→ Autres produits phytopharmaceutiques

La matrice des insecticides appliqués sur la partie aérienne du bananier renseigne les principales substances actives utilisées. De nombreuses autres substances étaient disponibles, notamment des substances homologuées en cultures maraîchères. Certaines ont été décrites comme ayant été utilisées en bananeraies. Ces substances appartiennent aux familles chimiques des carbinols, organophosphorés, thiazolidinones, dérivés organostanniques, pyréthrinoïdes de synthèse etc. Ces dernières n'ont pas été renseignées dans la matrice, faute d'information suffisante sur leur potentiel usage, probablement faible.

4.4 Autres traitements phytopharmaceutiques non inclus dans la matrice

4.4.1 Les traitements molluscicides

Les escargots, *Achatina fulica* et *Ilmicolaria aurora*, sont nuisibles pour la culture de la banane lorsqu'ils atteignent le régime et altèrent la peau des fruits. Ce sont des ravageurs qui apparaissent comme posant peu de problèmes aux planteurs, car la demande de produits phytopharmaceutiques adéquats des agriculteurs aux coopératives est faible. La répartition spatiale et la fréquence de traitement contre les escargots ne sont pas connues. Au milieu des années 1990, il semblerait que l'usage ait pu être important, notamment en Basse-Terre en Guadeloupe.

La principale substance active utilisable contre les escargots est le métaldéhyde non homologué en bananeraie mais toléré, la dose recommandée est de 400 g/ha de substance active. Il y a également le thiodicarbe, le méthiocarbe (synonyme : mercaptodiméthur) et plus récemment le phosphate ferrique. D'après les agriculteurs et techniciens, l'usage des nématicides dans les parcelles limitent la propagation des escargots. Il y aurait donc une sorte de contrôle de ce ravageur via les traitements nématicides réalisés.

Ainsi, l'usage de molluscicides en exploitation bananière est très peu décrit et mal connu par les coopératives. De plus, les escargots ne sont que très rarement un ravageur direct de la banane, mais plutôt un ravageur présent en cultures maraichères, cultures pouvant être présentes dans l'exploitation bananière et donc impliquant un traitement sur l'ensemble de l'exploitation pour un meilleur contrôle du ravageur. En l'absence d'informations récoltées

suffisantes, seules les substances actives ayant pu être utilisées et celles potentiellement utilisables actuellement sont présentées ci-dessous d'après les guides techniques des coopératives et la base Cipa (Spinosi, 2016 ; Chaperon, 2016) (Tableau 1).

I TABLEAU 1 I

Liste des substances actives molluscicides disponibles depuis 1960 d'après les guides techniques et la base Cipa

Substances Actives	Familles Chimiques	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Métaldéhyde	-	■	■	■	■	■	■
Thiodicarbe	Carbamates				■	■	■
Méthiocarbe, Mercaptodiméthur	Carbamates		■	■	■	■	■
Phosphate ferrique	-						■

4.4.2 Les traitements rodenticides

Les rongeurs, le rat noir (*Rattus rattus*), le rat d'égout, le surmulot, le rat gris (*Rattus norvegicus*) et la souris domestique (*Mus musculus*), s'attaquent à toutes les cultures antillaises et durant toute l'année. C'est pourquoi, les rongeurs font généralement l'objet de campagnes de lutte collective en Guadeloupe et Martinique, et ce, depuis plusieurs décennies. Pour cela des arrêtés préfectoraux portant ouverture d'une campagne obligatoire de lutte collective contre les rongeurs sont déposés. Les produits sont distribués par la Fredon. Actuellement ce sont des produits à base de difethialone ou bromadiolone qui sont distribués en Martinique.

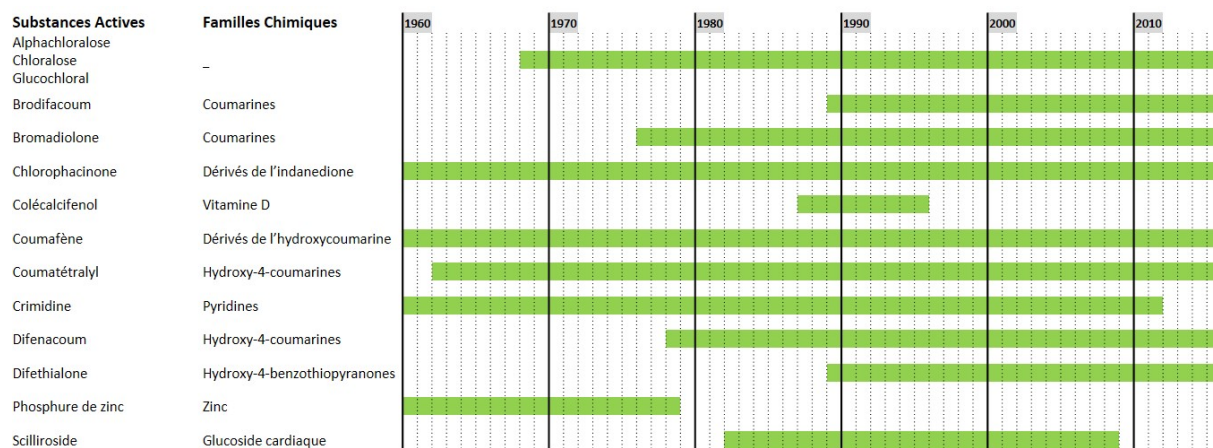
Il est également important de noter que les rongeurs peuvent transmettre des maladies pour l'Homme par leurs déjections, comme la leptospirose.

En bananeraies, les rongeurs blessent les régimes rendant les fruits impropres à la commercialisation. En général, les exploitations bananières traitent les parcelles mais aussi aux alentours des hangars de conditionnement des bananes. Les rodenticides sont vendus sous forme d'appâts en blocs, en grains (blé ou avoine) ou en pâte huilée. Les risques d'expositions sont liés à la pose et au ramassage des appâts.

L'usage de rodenticides en exploitation bananière est très peu décrit et mal connu par les coopératives. En l'absence d'informations suffisantes, seules les substances actives ayant pu être utilisées et celles potentiellement utilisables actuellement sont présentées ci-dessous d'après les périodes d'homologation de la base Cipa (Spinosi, 2016 ; Chaperon, 2016) (Tableau 2).

I TABLEAU 2 I

Liste des substances actives rodenticides disponibles depuis 1960 d'après la base Cipa



5. CONCLUSION

5.1 Points clés

La MCE banane décrit 62 substances actives, réparties dans 29 familles chimiques, utilisées en Guadeloupe et Martinique entre 1960 et 2015. Aujourd'hui, seules 18 substances actives sont homologuées en bananeraies aux Antilles, 4 herbicides, 5 insecticides et 9 fongicides (d'après la base E-phy de l'Anses, actualisée le 4 mai 2017).

Les fongicides sont les traitements les plus largement réalisés en probabilité annuelle d'exploitations agricoles utilisatrices et en fréquence d'utilisation. En effet, ils sont utilisés par 100 % des planteurs depuis les années 1970, avec une fréquence moyenne au cours du temps de l'ordre de 8 traitements par an. Les 6 SA fongicides les plus utilisées (100 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des triazoles (difénoconazole, flusilazole et propiconazole), des benzimidazoles (bénomyl), des imidazoles (imazalil) et des morpholines (tridémorphe).

Les herbicides sont également largement utilisés par près de 95 % des planteurs depuis les années 1970, avec une fréquence moyenne au cours du temps de l'ordre de 5 traitements par an. Les 5 SA herbicides les plus utilisées (entre 70 et 90 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des aminophosphinates (glufosinate d'ammonium), des aminophosphonates (glyphosate), des ammoniums quaternaires (diquat et paraquat) et des triazines (amétryne).

Enfin, les insecticides sont utilisés par plus de 90 % des planteurs entre les années 1960 et 1990, puis une diminution continue est constatée jusqu'à 2014 avec 50 % d'utilisateurs d'insecticides. Les fréquences de traitement sont très changeantes au cours du temps avec près de 4 traitements dans les années 1970 et moins de 0,5 traitement en 2015. Les 8 SA les plus utilisées (entre 50 et 90 % d'utilisation au moins sur une période depuis les 40 dernières années) appartiennent aux familles chimiques des organophosphorés (ethoprophos, fosthiazate, isazophos et phénamiphos), des organochlorés (chlordécone, HCH et dibromochloropropane) et des carbamates (oxamyl).

5.2 Les applications et perspectives de la MCE banane

Les applications des matrices sont potentiellement nombreuses, allant du domaine de la surveillance à celui de la recherche en santé mais également pour la prévention en médecine du travail. Elles permettent la description de la prévalence des expositions aux produits phytopharmaceutiques. Elles peuvent aider à l'identification des expositions professionnelles passées pouvant être utile à la prise en charge médico-sociale et aider à l'évaluation individualisée des expositions aux produits phytopharmaceutiques lors d'études épidémiologiques (Bénézet, 2016). Le croisement des MCE avec des données populationnelles permet d'estimer les expositions aux divers pesticides agricoles utilisés sur les cultures. Il peut s'agir de données issues d'études épidémiologiques (cohortes, études cas/témoins, etc.) ou de bases de données issues de recensements comme le recensement agricole (Spinosi, 2018 ; Gentil, 2018).

Références bibliographiques

- Agreste. La banane en Guadeloupe et en Martinique, La banane un pilier de l'agriculture des Antilles. Agreste primeur, n°262, juin 2011, 4p.
- Banane de Guadeloupe et Martinique, Notre filière Banane [Site internet] Consulté le 12 juillet 2017. Disponible sur : <http://www.bananeguadeloupemartinique.com/notre-filiere/>
- Barrau M, Ledrans M, Spinosi J, Marchand JL. Étude de faisabilité de reconstitution de la cohorte des travailleurs agricoles exposés au chlordécone en Martinique et en Guadeloupe. Plan national chlordécone 1 et 2. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire ; 2012, 49p.
- Beaugendre J, Edmond-Mariette P, Manscour LJ, Vialatte JS. Rapport d'information déposé en application de l'article 145 du Règlement par la commission des affaires économiques, de l'environnement et du territoire sur l'utilisation du chlordécone et des autres pesticides dans l'agriculture martiniquaises et guadeloupéennes. Assemblée nationale, commission des affaires économiques, de l'environnement et du territoire présenté le 30 juin 2005
- Bénézet L, Geoffroy-Perez B, Spinosi J, El Yamani M. Évaluation de la faisabilité d'utiliser des matrices cultures-expositions pour estimer les expositions aux produits phytopharmaceutiques dans une cohorte de travailleurs agricoles. Saint-Maurice (Fra) : Santé publique France ; octobre 2016. 9p. Disponible sur <http://www.santepubliquefrance.fr/>
- Blazy J-M. Évaluation ex-ante de systèmes de cultures innovants par modélisation agronomique et économique : de la conception à l'adoption ; Cas des systèmes de cultures bananiers de Guadeloupe. Rapport de thèse, Montpellier Supagro, Inra. 2008. 191p.
- Cabidoche YM, Jannoyer M, Vannière. Conclusions du groupe d'étude et de prospective « Pollution par les organochlorés aux Antilles » Aspects agronomiques. Contributions Cirad, Inra. 2006, 66p.
- Cabidoche YM, Clermont-Dauphin C, Cattan P, Achard R, Caron A, Chabrier C. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles, relations avec les systèmes de culture. Inra, Cirad. 2004, 52p.
- Cannon SB, Veazey JM Jr, Jackson RS, Burse VW, Hayes C, Straub WE, Landrigan PJ, Liddle JA. Epidemic kepone poisoning in chemical workers. Am J Epidemiol, 1978, 107(6):529-37.
- Chaperon L, Perrier L, Spinosi J, El Yamani M. Éléments techniques sur la compilation des index phytosanitaires Acta. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire ; 2016. 30 p. Disponible sur <http://www.santepubliquefrance.fr/>
- E-phy. Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages, des matières fertilisantes et des supports de culture autorisés en France. Consultable sur <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/> jusqu'au 1^{er} juillet 2015 et <https://ephy.anses.fr/>
- Fintz M. Autorisation du chlordécone 1968-1981. Afsset, décembre 2009, 21p.
- Gentil C. Caractérisation et représentation des pressions dues aux pesticides agricoles : intérêts et limites de l'utilisation de l'indicateur de fréquence de traitement (IFT) en zone tropicale. Cirad, Mémoire de fin d'étude École supérieure d'agricultures. Angers, 2014. 59p.
- Gentil C, Spinosi J, Bateau A, El Yamani M. Matphyto : des matrices cultures-expositions pour documenter les expositions agricoles aux pesticides aux Antilles. Bulletin de veille sanitaire, Cire Antilles Guyane, n°5, juin 2015, 14 p. Disponible sur <http://www.santepubliquefrance.fr/>
- Gentil C, Spinosi J, Cahour L, Chaperon L, El Yamani M. Projet Matphyto DOM. Évaluation des expositions professionnelles aux pesticides utilisés dans la culture de la

- banane aux Antilles et description de leurs effets sanitaires, Saint-Maurice : Santé publique France, 2018. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr.
- IARC. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans – some halogenated hydrocarbons, Volume 20, octobre 1976, 589p. Disponible sur <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol1-42/mono20.pdf>
 - Inserm. Expertise collective : Pesticides, effets sur la santé, synthèse et recommandations. 2013, 146p.
 - Institut technique tropical, Le manuel du planteur. 2013. Disponible sur <http://www.it2.fr/>
 - InVS, Inserm. Impact sanitaire de l'utilisation du chlordécone aux Antilles françaises – Recommandations pour les recherches et actions de santé publique. Octobre 2009. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire. 96p. Disponible sur <http://www.santepubliquefrance.fr/>
 - Kermarrec A. Niveau actuel de la contamination des chaînes biologiques en Guadeloupe : pesticides et métaux lourds, Petit-Bourg, Guadeloupe, Inra, 1980.
 - Lassoudière A. Le bananier et sa culture. Editions Quæ, 2007, 383p.
 - Lassoudière A, Le bananier, un siècle d'innovations techniques. Editions Quæ, 2012, 352p.
 - Lassoudière A. Histoire bananière des Antilles, facteur d'intégration sociale et de développement. Collection Développons, 2014, 236p.
 - Odeadom, Filière banane [Site internet] Consulté le 12 juillet 2017. Disponible sur : http://www.odeadom.fr/?page_id=23
 - Spinosi J, Févotte J. Le programme Matphyto – Matrices cultures-expositions aux produits phytosanitaires. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, juin 2008, 16 p. Disponible sur <http://www.santepubliquefrance.fr/>
 - Spinosi J, Chaperon L, Perrier L, El Yamani M. Approche de l'exposition professionnelle des travailleurs agricoles. Exploitation de quelques résultats issus de la compilation des index phytosanitaires Acta de 1961 à 2014. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire ; 2016. 6 p. Disponible sur : <http://www.santepubliquefrance.fr/>
 - Spinosi J, Gentil C, Cahour L, Chaperon L, Empereur-Bissonnet P, El Yamani M. Évaluation des expositions professionnelles aux pesticides utilisés dans la culture de la banane aux Antilles et description de leurs effets sanitaires. Saint-Maurice : Santé publique France ; octobre 2018. 7 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr
 - US-EPA (Environmental Protection Agency). Toxicological review of chlordécone (kepone), septembre 2009, 183p.

Remarque : Un très important travail de recherche bibliographique (y compris la littérature grise) a été réalisé auprès de nos partenaires et des archives départementales ; ont été consultés en particulier des rapports d'activités des coopératives agricoles, des comptes rendus de réunion, des revues (ex : la revue Fruits du Cirad, Antilles Agricoles, Phytoma), des mémoires de thèses, des manuels du planteur, des index phytosanitaires Antilles-Guyane, des rapports d'études, des bases de données etc. Il n'a pas été possible de citer l'ensemble de ces documents.

Annexes

Annexe 1. Tableau de correspondance entre les substances actives de la matrice et les produits commerciaux

I TABLEAU 1 I

Correspondance entre les substances actives et les produits commerciaux

Groupe	Substance active	Famille Chimique	Exemple de produits commerciaux
Fongicides	Acibenzolar-S-Méthyl	Benzothiadiazoles	Bion 50WG
	Azoxystrobine	Strobilurines	Ortiva
	Bacillus Subtilis	Bactéries	Serenade max
	Bénomyl	Benzimidazoles	Benlate
	Bitertanol	Triazoles	Baycor
	Bromuconazole	Triazoles	Vectra BN
	Difenoconazole	Triazoles	Sico
	Fenpropidine	Piperidines	Gardian
	Flusilazole	Triazoles	Punch
	Huile	Huiles	Banole, Linex
	Imazalil	Imidazoles	Fungaflor
	Mancozèbe	Dithiocarbamates	Dithane M45
	Manèbe	Dithiocarbamates	Mandane 2000
	Propiconazole	Triazoles	Tilt 250
	Quintozène	Dérivés de benzène	Brassicol
	Tébuconazole	Triazoles	Folicur
	Thiabendazole	Benzimidazoles	Mertect, Tecto
	Thiophanate méthyl	Benzimidazoles	Pelt 44, Peltis 40
	Thirame	Dithiocarbamates	Pomarsol
	Triadimenol	Triazoles	Bayfidan 250
Tridémorphe	Morpholines	Calixine	
Trifloxystrobine	Strobilurines	Consist	
Zinèbe	Dithiocarbamates	Cuprosan	
Herbicides	Amétryne	Triazines	Gesapax 80, Gesatop-Z, Ametrex
	Atrazine	Triazines	Gesaprime
	Cycloxydime	Cyclohexane-diones	Stratos
	Dalapon	Acides organiques halogénés	Dowpon
	Diquat	Ammoniums quaternaires	Reglone
	Diuron	Urées substituées	Karmex
	Fluazifop-p-butyl	Aryloxyphénoxy-propionates	Fusilade, Fusilade max
	Glufosinate d'ammonium	Aminophosphinates	Basta LS, Basta F1
	Glyphosate	Aminophosphonates	Cosmic, Touchdown, Round up
	Paraquat	Ammoniums quaternaires	Gramoxone, R'bix
	PCP (Pentachlorophénol)	Phénols	Quino-fane
	Séthoxydime	Cyclohexane-diones	Fervinal
	Simazine	Triazines	Gesatope 50

Insecticides	Aldicarbe	Carbamates	Temik 10G, Temik 5G
	Aldrine	Organochlorés	Soldrine
	Bromopropylate	Carbinols	Neoron
	Cadusafos	Organophosphorés	Rugby
	Carbofuran	Carbamates	Furadan, Rampar 5G
	Chlordécone	Organochlorés	Curlone, Képone
	Chlorpyrifos-ethyl	Organophosphorés	Dursban
	DBCP (dibromochloropropane)	Organochlorés	Némagon
	Deltaméthrine	Pyréthroïdes	Decis, Decis flow
	Diazinon	Organophosphorés	Chimac Diazo
	Dicofol	Carbinols	Kelthane, Kelthion
	Dieldrine	Organochlorés	Alvit, Heod
	Ethoprophos	Organophosphorés	Mocap
	Fipronil	Phénylpyrazole	Regent
	Fosthiazate	Organophosphorés	Nemathorin
	HCH (Hexachlorocyclohexane)	Organochlorés	Hexafor
	Isazophos	Organophosphorés	Miral
	Isophenphos	Organophosphorés	Nemacur-O
	Lindane	Organochlorés	Lindafor
	Oxamyl	Carbamates	Vydate
	Perméthrine	Pyréthroïdes	Acto diaz
	Phénomiphos	Organophosphorés	Nemacur-O
	Pyrimiphos-éthyl	Organophosphorés	Bullit
Spinosad	Spinosoïdes	Sucess 4	
Terbufos	Organophosphorés	Counter 10G	
Tetradifon	Sulfonates	Kelthion	

Annexe 2. Point spécifique sur la chlordécone

Le chlordécone est un insecticide organochloré qui a été utilisé de 1972 à 1993 aux Antilles pour lutter contre le charançon du bananier. Le chlordécone aurait également été utilisé en cultures vivrières, production d'agrumes et bananes plantains.

L'historique

Le chlordécone, initialement commercialisé sous le nom de Képone®, a été utilisé dès la fin de l'année 1972, remplaçant très rapidement l'usage de l'HCH, également un organochloré, utilisé depuis 1951 et interdit en décembre 1973. Dès 1974, le chlordécone sera utilisé par près de 90 % des planteurs à une fréquence moyenne de 1 traitement par an sur l'ensemble de l'exploitation. En 1979, le Képone® est retiré du marché aux Antilles Françaises. En effet, en 1975, l'usine de production de Képone® à Hopewell aux Etats-Unis est fermée suite à une pollution importante de l'environnement de l'usine et aux effets toxiques aigus constatés chez les travailleurs (Cannon, 1978). L'interdiction de production et commercialisation aux Etats-Unis prendra effet en 1976. Il faudra attendre 1981 pour qu'un nouveau produit commercial composé de chlordécone, le Curlone® (Fintz, 2009) soit mis sur le marché. Pendant cette période de transition, le chlordécone a pu être utilisé via l'écoulement des stocks des distributeurs de produits phytopharmaceutiques et les stocks dans les exploitations agricoles ; toutefois l'usage du chlordécone a été estimé à 10 % des planteurs. Pendant cette absence du chlordécone, le lindane (un organochloré) et le pyrimiphos-éthyl (un organophosphoré) ont été utilisés. Ensuite de 1982 à 1993, environ 80 % des planteurs utiliseront du chlordécone à une fréquence moyenne de 1,3 traitements par an. En effet lors de cette deuxième période d'utilisation, le chlordécone semble avoir été plus fréquemment utilisé, jusqu'à 2 traitements par an. Son usage sera définitivement interdit en septembre 1993 (Beaugendre, 2005).

Du fait de l'absence de données valides, nous n'avons pas renseigné les indicateurs de la matrice après 1993, quand bien même il y aurait eu des usages du chlordécone après son interdiction. Cette suspicion d'usage au-delà de 1993, jusqu'en 1997, est liée à l'absence du ravageur pendant cette période, alors qu'en 1998, le charançon a posé beaucoup de problèmes de gestion dans les exploitations. La rémanence du chlordécone dans le sol a peut-être permis un contrôle des charançons même après l'arrêt d'usage de cette substance en 1993.

Il n'a pas été possible de faire une distinction de l'usage du chlordécone entre la Guadeloupe et la Martinique, ni de connaître son usage après 1993.

Le traitement

L'application de la formulation (Képone® et Curlone®) se faisait sous forme d'une poudre blanche disposée au sol autour du pied du plant de bananier. Cette application était généralement réalisée à l'aide d'une conserve ou d'un pot de yaourt en tant que doseur. Ensuite la poudre était éventuellement tassée avec le pied chaussé ou non.

Le Képone® et le Curlone® étaient dosés à 5 % de chlordécone, la préconisation d'utilisation était l'application de 30g/pied de produit commercial, soit l'équivalent de 3000 g/ha de chlordécone pour une densité moyenne de plantation de 2000 pieds/ha (Cabidoche, 2004 ; Kermarrec, 1980). Cette intensité d'utilisation préconisée semble avoir été suivie par les planteurs en particulier du fait de l'efficacité des produits à cette dose et de leurs coûts d'achat élevés.

Les fréquences moyennes des traitements estimées de 1972 à 1993 lissent un ensemble de pratiques très différentes au sein des exploitations agricoles. En effet, plusieurs itinéraires techniques étaient possibles :

- Traitement de l'ensemble ou d'une partie de l'exploitation agricole 1 à 2 fois par an
- Traitement de l'ensemble ou d'une partie de l'exploitation agricole 1 année sur 2

Effets sur la santé

Le Circ (IARC, 1976) classe le chlordécone dans le groupe 2B (cancérogène possible) depuis 1979 et l'US-EPA le classe comme cancérogène vraisemblable pour l'Homme. Le chlordécone a pour cible les organes digestifs. Le chlordécone est jugé toxique par inhalation, ingestion, contact avec la peau et les yeux (US-EPA, 2009). D'après l'expertise collective Inserm (Inserm, 2013), le chlordécone est une substance impliquée dans les excès de risque du cancer de la prostate en population générale. Il y aurait également une présomption d'un lien entre exposition au chlordécone et atteintes spermatiques, et également des problèmes de neuro-développement de l'enfant. L'expertise révèle notamment que les travailleurs de la banane ayant été en contact professionnel avec le chlordécone, présentent aujourd'hui les concentrations plasmatiques les plus élevées.

Autres effets du chlordécone : pollution environnementale et exposition alimentaire en population générale

Cette substance est considérée comme un polluant organique persistant, très rémanent dans l'environnement. Près de 20 000 ha de SAU aux Antilles sont potentiellement contaminés (Cabidoche, 2006), sans omettre la pollution de l'eau (eaux superficielles et souterraines), le milieu marin et les organismes vivants s'y trouvant. Toute la chaîne trophique peut être touchée (poissons, légumes, viandes). Il y a en particulier une contamination des légumes racines tel que l'igname, mais également des légumes proches du sol (concombre, melon...) (Cabidoche, 2006).

Le plan chlordécone

Depuis, la mise en place du premier plan chlordécone en 2008, de nombreuses investigations et études sur le chlordécone ont été mis en place afin d'améliorer les connaissances sur les niveaux d'exposition de la population et les conséquences sanitaires éventuelles (InVS, 2009). Ce plan est composé de 4 axes : renforcer la connaissance des milieux, réduire l'exposition des populations, assurer une alimentation saine et gérer les milieux contaminés, et assurer la communication de l'exécution du plan tout en encourageant la coopération internationale.