



ÉVALUATION DES CONCENTRATIONS DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR AMBIANT

Martinique
2012 - 2013



Parution : Juin 2013

Rédacteurs : E. Donon et C. Boullanger

Ref : 06/13/PESTICIDES2012-13

Evaluation des concentrations des produits phytosanitaires dans l'air ambient

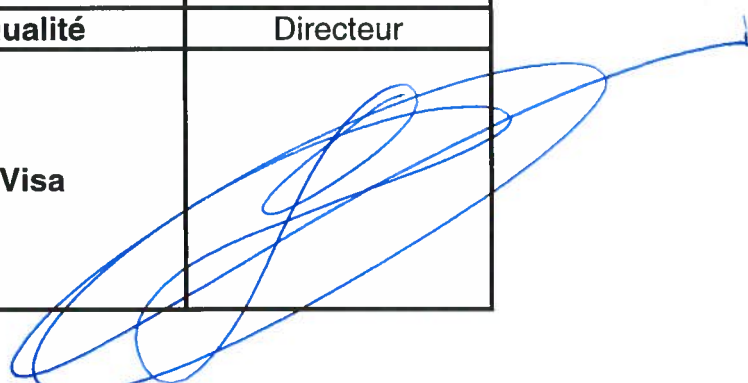
En Martinique

2012 – 2013

Madinair : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

Certification ISO 9001

	Approbation
Nom	S. GANDAR
Qualité	Directeur
Visa	



Sommaire

Introduction.....	5
Avant-propos	6
1. Les pesticides dans l'atmosphère : étude bibliographique	7
1.1. Généralités	7
1.1.1. Définition	7
1.1.2. Classifications	7
1.1.2.1. Classification selon la famille chimique.....	7
1.1.2.2. Classification selon la cible	8
1.1.2.3. Classification par mode d'action	8
1.2. Utilisation des pesticides	9
1.2.1. Aspects règlementaires	9
1.2.1.1. Teneurs limites	9
1.2.1.2. Autorisation de commercialisation	10
1.2.2. Utilisation des pesticides en France.....	10
1.2.3. Spécificité de la Martinique en matière d'usage de pesticides	11
1.2.4. Méthodes pour limiter la dispersion de pesticides dans l'environnement	12
1.3. Impacts des pesticides sur l'Homme et l'environnement	14
1.3.1. Toxicité humaine.....	14
1.3.2. Ecotoxicité.....	15
1.4. Transport et comportement des pesticides dans l'atmosphère	15
1.4.1. Sources et émissions	15
1.4.1.1. Emission directe lors de l'application	15
1.4.1.2. Volatilisation	16
1.4.1.3. Erosion éolienne.....	17

1.4.2.	Comportement atmosphérique.....	18
1.4.2.1.	Distribution entre phases gazeuses et aérosols particulaires et liquides 18	
1.4.2.2.	Diffusion : transport et dépôts atmosphériques	19
1.4.2.3.	Dégradation des pesticides dans l'air	19
2.	Matériels et méthode.....	20
2.1.	Objectif de l'étude.....	20
2.2.	Echantillonnage	20
2.2.1.	Sélection des sites d'étude	20
2.2.1.1.	Sites urbains.....	22
2.2.1.2.	Site agricole avec épandage aérien.....	24
2.2.1.3.	Site agricole sans épandage aérien.....	26
2.2.2.	Sélection des pesticides à rechercher	28
2.2.3.	Déroulement de la campagne de mesure	32
2.2.3.1.	Calendrier	32
2.2.3.2.	Cas des prélèvements liés à l'épandage aérien	32
2.3.	Méthodologie de prélèvement	33
2.3.1.	Matériel utilisé.....	33
2.3.2.	Préparation, transport et conservation des échantillons	35
2.3.2.1.	Conditionnement des supports de prélèvement	35
2.3.2.2.	Transport et stockage des échantillons	35
2.3.3.	Description pratique d'un prélèvement.....	35
2.3.4.	Acquisition de données météorologiques	36
2.4.	Analyse.....	37
3.	Résultats	38
3.1.	Niveaux de blancs	38
3.2.	Substances détectées	38

3.3. Répartition géographique des détections	40
3.4. Concentrations observées	41
4. Discussion.....	42
4.1. Comparaison par typologie de site	42
4.1.1. Des zones urbaines plus touchées que les zones rurales	42
4.1.2. Des différences observées au sein des sites agricoles.....	42
4.2. Des détections en lien avec les usages.....	43
4.2.1. Sites urbains (Fort de France et Lamentin).....	43
4.2.2. Sites agricoles en banane (Gros Morne et Macouba).....	44
4.2.3. Sites agricoles melon et canne à sucre (Sainte-Anne et Rivière-Salée).....	44
4.3. Comparaison aux résultats de la région Centre	44
4.4. Limites de l'étude.....	47
4.4.1. Un jeu de données limité.....	47
4.4.2. Une faible représentativité temporelle sur chacun des sites	47
Conclusion.....	48
Bibliographie.....	49
Annexes.....	50

Table des illustrations

Illustration 1 : teneurs règlementaires dans les eaux de boisson	9
Illustration 2 : tonnage des pesticides utilisés en Martinique	12
Illustration 3 : facteurs influençant la volatilisation	17
Illustration 4 : voies de contamination de l'environnement par les pesticides [5]	18
Illustration 5 : localisation des sites de mesure.....	21
Illustration 6 : Site urbain (1) – Avenue Maurice Bishop à Fort de France.....	22
Illustration 7 : Site urbain (2) - Quartier Bas Mission au Lamentin.....	23
Illustration 8 : Site agricole avec épandage aérien (3) – La Thibault au Gros Morne	24
Illustration 9 : Site agricole avec épandage aérien (4) - Prévile à Macouba	25
Illustration 10 : Site agricole sans épandage aérien (5) - Lapalun à Rivière Salée...	26
Illustration 11 : Site agricole sans épandage aérien (6) – Boyer SA à Sainte-Anne .	27
Illustration 12 : liste des pesticides recherchés dans les prélèvements.....	31
Illustration 13 : calendrier de l'étude	32
Illustration 14 : PARTISOL 2000 et cartouche URG	34
Illustration 15 : principe de la mesure des pesticides dans l'air	37
Illustration 16 : fréquence de détection des pesticides mesurés.....	39
Illustration 17 : Constantes de Henry des différentes molécules détectées.....	39
Illustration 18 : localisation des détections de pesticides.....	40
Illustration 19 : concentrations en pesticides observées.....	41
Illustration 20 : concentrations de certains pesticides dans la Région Centre (Sources : données de Lig'air, 2011).....	45
Illustration 21 : concentrations de certains pesticides en Martinique	46

Introduction

Un pesticide est une substance utilisée pour détruire ou contrôler un organisme jugé nuisible. Il s'agit d'un terme général regroupant insecticides, herbicides, fongicides, acaricides... etc. L'usage de pesticides intervient dans différents domaines de l'activité humaine : protection des cultures ou entretien d'espaces verts (on parle alors de produits phytosanitaires), hygiène domestique, traitement des bâtiments, du bois, ou encore santé vétérinaire.

L'utilisation massive des pesticides dans le domaine agricole depuis plusieurs dizaines d'années a largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production, permettant de satisfaire les besoins alimentaires d'une population grandissante. Aujourd'hui, ces produits sont quasiment indispensables à la plupart des activités agricoles telles qu'elles sont pratiquées. Cependant, l'emploi généralisé de pesticides a provoqué des effets néfastes sur les écosystèmes. De nombreuses études ont mis en évidence la contamination des denrées alimentaires et des principaux compartiments de l'environnement. Ainsi, l'utilisation de la chlordécone aux Antilles jusque dans les années 90 serait à l'origine de nombreux troubles de la santé humaine observés aujourd'hui.

Si la contamination des eaux par les pesticides est assez bien documentée en Martinique, leur présence dans l'air ambiant n'a jamais fait l'objet de mesures. Pourtant, ces substances peuvent rejoindre le compartiment atmosphérique directement lors de l'application ou après leur dépôt par des phénomènes de volatilisation ou d'érosion éolienne. Le transport des pesticides dans l'air est rendu possible par les phénomènes météorologiques ; par ailleurs, certains composés rémanents peuvent être piégés dans le sol et remis en suspension bien après leur application. Ainsi, l'air ambiant peut être chargé en pesticides hors des périodes et des zones d'épandage.

L'importance d'une étude des pesticides dans l'air est certaine puisqu'il s'agit d'une problématique concernant potentiellement tout le territoire martiniquais. Cet intérêt est renforcé par la pratique de l'épandage aérien qui pourrait augmenter le transfert direct des pesticides vers l'atmosphère.

Ce document donne un aperçu général de la contamination de l'atmosphère par les pesticides en Martinique. Après un rappel de l'état des connaissances concernant cette forme de pollution particulière, nous présenterons le matériel et la méthode utilisés pour la réalisation de l'étude, puis nous exposerons les résultats des mesures et leur interprétation.

Avant-propos

Cette étude émane d'une volonté collective de connaître l'incidence de l'utilisation de pesticides sur la qualité de l'air respiré par la population. Le travail est réalisé par MADININAIR et financé par des fonds ADEME/Région avec la participation de la coopérative agricole BANAMART.

1. Les pesticides dans l'atmosphère : étude bibliographique

1.1. Généralités

1.1.1. Définition

Le terme de pesticide est une appellation générique désignant toute substance chimique minérale ou organique capable de contrôler, repousser ou détruire des organismes jugés nuisibles par l'Homme. Les molécules peuvent être d'origine naturelle ou synthétisées en laboratoire et sont utilisées dans différents domaines de l'activité humaine.

Règlementairement, on distingue deux catégories de pesticides selon leurs usages :

- Les produits phytosanitaires sont employés pour la protection des végétaux, dans le domaine de l'agriculture ou pour l'entretien d'espaces verts, de voiries ou de jardins d'ornement.
- Les biocides sont utilisés pour la conservation du bois, le traitement des bâtiments, la démoustication, l'élimination domestique d'insectes ou encore la protection de la santé vétérinaire.

Le mot pesticide fait référence soit à la substance active, c'est-à-dire la molécule chimique qui va agir directement sur l'organisme cible, soit à la préparation commerciale qui contient une ou plusieurs matières actives ainsi qu'un adjuvant. Ces derniers ont pour fonction de modifier les caractéristiques physicochimiques de la préparation pour améliorer l'efficacité du produit, en favorisant par exemple sa pénétration sur la cible ou sa persistance dans le milieu.

1.1.2. Classifications

Les pesticides peuvent être classés de différentes manières :

1.1.2.1. Classification selon la famille chimique

Les composés sont distingués selon le groupe chimique auxquels ils appartiennent. On trouvera ainsi les organochlorés, organophosphorés, carbamates, triazoles, uraciles, morpholines ...etc.

1.1.2.2. Classification selon la cible

Les composés sont classés en fonction du type d'organisme nuisible qu'ils permettent de contrôler. On parle de trois principales catégories :

- Les insecticides sont destinés à lutter contre toutes sortes d'insectes, en attaquant leurs fonctions vitales ou reproductrices. Agissant par contact, ingestion ou inhalation, ils sont souvent les plus toxiques pour l'Homme.

- Les herbicides sont utilisés pour éliminer la flore adventice des cultures agricoles, qui entre en concurrence avec les espèces cultivées et freine leur croissance, ou lutter contre les mauvaises herbes des espaces urbains (parcs, routes ...etc.) et des jardins privés. Herbicides de contact ou systémiques, ils agissent par absorption foliaire ou racinaire.

- Les fongicides sont appliqués afin de détruire ou limiter le développement des champignons indésirables. Ils agissent par contact ou par pénétration dans l'organisme cible.

Il existe d'autres catégories de pesticides, plus anecdotiques, destinés à lutter spécifiquement contre d'autres types de nuisibles : les nématicides (contre les vers), les acaricides (contre les acariens), les rodenticides (contre les rongeurs), les molluscicides (contre les mollusques)...etc.

1.1.2.3. Classification par mode d'action

Chaque substance est caractérisée par un mode d'action particulier, c'est-à-dire une perturbation d'un mécanisme biologique précis chez l'organisme cible. Parmi les principaux, on retrouve les inhibiteurs de la respiration, de la division cellulaire ou de la biosynthèse des acides aminés et protéines, les perturbateurs endocriniens et photosynthétiques, ainsi que les neurotoxiques et les régulateurs de croissance [1].

1.2. Utilisation des pesticides

1.2.1. Aspects réglementaires

Les réglementations européennes et nationales concernant les pesticides s'intéressent aux teneurs dans les eaux de boissons, aux résidus dans les produits alimentaires et à l'homologation des produits. Il n'existe à l'heure actuelle aucune réglementation concernant les teneurs en pesticides dans l'atmosphère et dans le sol.

1.2.1.1. Teneurs limites

➤ *Dans l'eau*

Le code de la santé publique (CSP) édicte les dispositions réglementaires en matière d'eau potable, en application des directives européennes 98/83/CEE et 75/440/CEE.

Pour les pesticides, des limites de qualité sont fixées dans les eaux brutes et dans l'eau au robinet du consommateur. Elles sont résumées dans le tableau suivant (Illustration 1) [2].

Dans les ressources en eau	Au robinet du consommateur
2 µg/L pour chaque pesticide	0,10 µg/L pour chaque pesticide (à l'exception de l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et de l'heptachloroépoxyde : 0,03 µg/L)
5 µg/L pour le total des substances mesurées	0,50 µg/L pour le total des substances mesurées

Illustration 1 : teneurs réglementaires dans les eaux de boisson

➤ *Dans les aliments*

Le règlement européen n°396/2005 fixe les quantités maximales autorisées de résidus de pesticides qui peuvent se trouver dans les produits d'origine animale ou végétale destinés à la consommation humaine ou animale. Ces limites maximales de résidus (LMR) comprennent, d'une part, des LMR spécifiques à certains aliments,

et d'autre part, une limite générale égale à 0.01 mg/kg, applicable lorsqu'aucune LMR particulière n'a été fixée.

L'objectif est d'assurer que les résidus de pesticides présents dans les aliments ne constituent pas un risque inacceptable pour la santé des consommateurs et des animaux [2].

1.2.1.2. Autorisation de commercialisation

En France, la commercialisation et la distribution des pesticides sont subordonnées à l'octroi d'une autorisation de mise sur le marché. Pour cela, chaque produit suit une procédure d'évaluation en 2 étapes, au niveau européen puis national :

- La première partie de l'évaluation porte sur les substances actives entrant dans la composition des préparations commerciales. Les substances sont évaluées dans le cadre des directives européennes 91/414/CEE (produits phytosanitaires) et 98/8/CEE (biocides). Il s'agit de déterminer les propriétés physico-chimiques des substances, d'évaluer leur toxicité pour l'Homme et l'environnement, de définir les résidus dans les denrées alimentaires et d'apprécier leur comportement dans l'environnement.

- La deuxième phase d'évaluation porte sur les préparations commerciales, contenant une ou plusieurs substances actives. Cette partie est sous la responsabilité de l'Etat membre. Il s'agit d'évaluer le danger et l'efficacité des préparations et de caractériser les risques pour l'applicateur du produit mais également pour le travailleur agricole intervenant sur la culture, pour les personnes passant à proximité lors de l'application, pour le consommateur final, ainsi que pour la faune sauvage et l'environnement. En fonction des résultats de cette évaluation, l'Etat membre accordera ou non l'Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) [3].

1.2.2. Utilisation des pesticides en France

L'utilisation des pesticides en agriculture remonte à l'antiquité, avec notamment l'usage du soufre, des composés arsenicaux ou du tabac. Au XIXème siècle, l'usage des pesticides se généralise avec les progrès de la chimie minérale. Le développement de la chimie organique, principalement après la seconde guerre mondiale, permet l'apparition de nombreux nouveaux composés. C'est à partir des années 50 que l'utilisation de pesticides connaît un essor important, les rendant aujourd'hui indispensables à la plupart des productions agricoles.

La France se positionne parmi les principaux pays utilisateurs de produits phytosanitaires avec une grande diversité des substances actives et formulations commercialisées. Elle est le 3ème consommateur mondial après les Etats Unis et le Japon, et le premier utilisateur Européen, du fait qu'elle se situe au premier rang pour les productions agricoles et qu'elle dispose de la plus grande surface agricole utile (SAU).

On compte aujourd'hui environ 500 substances actives autorisées et environ 3 000 spécialités commerciales utilisées en agriculture [3].

Hormis les usages agricoles, la France consomme des pesticides pour le traitement des bâtiments, du bois, et pour l'entretien des espaces verts, jardins et voiries.

1.2.3. Spécificité de la Martinique en matière d'usage de pesticides

La Martinique est caractérisée par une agriculture fortement consommatrice en pesticides ; le climat humide et chaud est en effet favorable au développement de nombreux ravageurs des cultures.

Dès les années 1960, l'agriculture martiniquaise connaît les premières utilisations d'insecticides et nématicides avec notamment le lindane, puis la chlordécone, utilisés abondamment. La contamination des écosystèmes par la chlordécone, produit persistant largement utilisé jusque dans les années 90, a mis en lumière les problèmes notamment sanitaires liés à l'emploi massif de pesticides en agriculture.

A partir de 1980, les premiers pesticides organophosphorés (malathion, méthylparathion, diazinon ...) sont employés avant d'être remplacés par des composés supposés moins toxiques comme le cadusafos ou encore le terbufos. Parallèlement, des substances de la famille des carbamates (aldicarbe, oxamyl...) se généralisent sur le territoire.

Le tableau ci-dessous (Illustration 2) présente les quantités en différents pesticides importés en Martinique pour les années 1996, 1998 et 2002, en tonnes de spécialité commerciale [4].

	1996	1998	2002
Insecticides	1 924	1 816	1 375
Herbicides	493	459	526
Fongicides	94	152	148
Divers	51	295	331
Total	2562	2 722	2 382

Illustration 2 : tonnage des pesticides utilisés en Martinique

On constate que l'utilisation des pesticides en Martinique est plutôt stable entre 1996 et 2002. Cependant on note une certaine diminution des quantités d'insecticide, principalement due aux améliorations de l'efficacité des produits de cette catégorie.

La culture de la banane, qui représente environ 25 % de la SAU, est particulièrement dépendante des produits phytosanitaires ; il s'agit en effet d'une plante fragile, soumise aux assauts de nombreux ravageurs. Depuis 2010, les bananeraies martiniquaises sont victimes de la cercosporiose noire, une maladie générée par un champignon parasite (*Mycosphaerella fijiensis*) contre lequel la lutte est obligatoire par arrêté préfectoral. Aujourd'hui, la protection des bananiers contre ce fléau est réalisée par traitement chimique au propiconazole et difénoconazole, majoritairement par voie aérienne.

Certains pesticides sont également utilisés pour la démoustication ou l'élimination d'autres insectes nuisibles dans les ménages.

1.2.4. Méthodes pour limiter la dispersion de pesticides dans l'environnement

Trois objectifs principaux peuvent être suivis pour limiter la contamination de l'environnement par les pesticides en agriculture :

- *limiter la dispersion des produits pendant et après application*

L'amélioration des techniques d'épandage permet de diminuer les pertes notamment vers l'atmosphère lors du traitement des parcelles. Les caractéristiques des buses d'application influent directement sur la taille des gouttelettes de produit : plus elles sont petites, plus elles restent longtemps en suspension dans l'air et plus le risque de dérive est grand.

Le respect des conditions d'application est également essentiel ; la dispersion dans le milieu sera augmentée en cas de vent important ou de pluie favorisant le lessivage du sol.

Les propriétés physicochimiques des préparations phytosanitaires peuvent être optimisées pour limiter la contamination de l'environnement.

En post-application, il existe des méthodes pour restreindre le transfert des pesticides vers les eaux et piéger les fuites éventuelles. Apport d'amendements organiques favorisant l'activité microbienne de dégradation, maintien d'un couvert végétal, création de zones tampons enherbées, haies, fossés en sont quelques exemples. Parmi ces techniques, certaines limitent également l'érosion éolienne et influent ainsi sur les flux vers l'atmosphère [5].

➤ *réduire les quantités appliquées en raisonnant les traitements*

Cette action tactique consiste à utiliser les pesticides en se basant sur la réelle nécessité d'en employer dans un contexte bien précis [6]. Elle passe notamment par le choix du produit le plus adapté, de la période et de la méthode d'application, ainsi que la gestion des risques d'apparition de résistances [5].

➤ *réduire les quantités appliquées en privilégiant des méthodes culturales alternatives*

En dehors de l'agriculture biologique qui s'affranchit totalement des pesticides, leur utilisation peut être diminuée en choisissant, pour certains ravageurs, des méthodes de lutte alternatives : lutte biologique par introduction d'ennemis des agresseurs (coccinelle contre pucerons par exemple), lutte biotechnique utilisant des produits d'origine biologique non-vivants (phéromones perturbant la reproduction sexuelle des insectes sur les arbres fruitiers) et enfin lutte physique (désherbage mécanique ou thermique, mise en place de filets contre les insectes, paillage du sol contre les mauvaises herbes, etc.) [5].

1.3. Impacts des pesticides sur l'Homme et l'environnement

1.3.1. Toxicité humaine

Le lien entre pesticides et santé est aujourd'hui un enjeu incontournable de santé publique. La mise sur le marché de toute substance est précédée d'une phase rigoureuse d'évaluation des dangers pour la population.

La toxicité et les effets sur la santé humaine sont très variables et dépendent de la molécule considérée.

Pour apprécier la toxicité d'un produit, il faut considérer la toxicité aiguë (forte dose sur une courte durée, due par exemple à un accident de manipulation) et la toxicité chronique (faible dose sur une durée plus longue, correspondant à la diffusion de la pollution dans l'environnement).

➤ L'intoxication aiguë concerne généralement les personnes exposées aux pesticides dans leur activité professionnelle. Les symptômes les plus fréquemment observés sont des nausées, des vomissements, des irritations cutanées ou oculaires, des effets neurologiques, des troubles hépatiques et plus rarement des intoxications sévères pouvant conduire au coma ou à la mort.

➤ La toxicité chronique est plus délicate à caractériser. Malgré différentes études épidémiologiques menées en Amérique du Nord et en Europe, il est difficile pour les experts de tirer des enseignements clairs et consensuels sur le sujet. Si les personnes professionnellement exposées aux pesticides développent plus facilement certaines pathologies comme le cancer du sang ou de la prostate, il est difficile actuellement d'établir ce genre de lien pour la population générale. Des présomptions ont été portées concernant le rôle des pesticides dans le développement d'autres maladies, telles que les troubles neuro-dégénératifs (Parkinson), les troubles de la reproduction, des problèmes de fertilité, des effets hématologiques (leucémies, lymphomes...) [7].

Des données d'ordre toxicologique manquent actuellement pour caractériser réellement les risques liés à l'inhalation, dans la mesure où les données existantes privilégient plutôt les expositions par ingestion [8].

1.3.2. Ecotoxicité

Les pesticides sont des composés capables de contaminer différents compartiments du milieu naturel (eau, sol, air) et perturber le fonctionnement des écosystèmes.

Les effets sont variables selon les molécules concernées et selon les organismes et les milieux touchés.

Certains pesticides ont des effets néfastes sur les microorganismes du sol (bactéries, champignons) indispensables au maintien de la fertilité. D'autres vont affecter directement les animaux, qui vont absorber les substances par ingestion, inhalation ou par la peau, et vont induire des perturbations des fonctions reproductrices ou vitales [3].

1.4. Transport et comportement des pesticides dans l'atmosphère

1.4.1. Sources et émissions

1.4.1.1. Emission directe lors de l'application

On considère que tout traitement à base de pesticides occasionne des émissions directes dans l'air, suivies d'une dispersion à plus ou moins longue distance. L'importance de ces émissions dépend du procédé d'épandage utilisé, de l'état d'entretien des appareils et des conditions météorologiques. Lors des pulvérisations, un nuage de gouttelettes de diamètres variés se forme ; les gouttes les plus fines vont être entraînées dans l'atmosphère tandis que les plus grosses vont se déposer au sol et sur la surface des végétaux aux alentours de la zone traitée. On estime que les gouttelettes de diamètre inférieur à 100 μm tendent à se disperser dans l'air et s'évaporer.

Les pertes lors de l'épandage peuvent représenter jusqu'à 50% de la dose appliquée [9]. Cependant, la quantification de ces pertes immédiates dans l'atmosphère est difficile car très dépendante des conditions locales lors du traitement (matériel utilisé, configuration de la végétation, topographie et aménagement des parcelles, conditions météorologiques...etc.). Ces émissions sont donc souvent estimées par des modèles dits de « dérive », qui s'attachent à prévoir l'ampleur de la dispersion des molécules et du dépôt de gouttelettes en dehors de la parcelle traitée [10].

1.4.1.2. Volatilisation

Une fois le traitement appliqué, les molécules constituant le produit épandu sont capables de se volatiliser, c'est-à-dire de passer de l'état liquide (gouttelettes) à l'état de vapeur. La volatilisation d'un pesticide à partir d'une surface traitée (sol ou feuille) est un phénomène extrêmement complexe puisqu'il dépend à la fois des caractéristiques de la substance concernée et des conditions environnantes.

Ainsi, de nombreux paramètres influent sur la répartition de chaque substance entre les phases liquide et gazeuse :

- Les caractéristiques physicochimiques de la molécule : pression de vapeur saturante, constante de Henry, affinité pour la surface traitée. La constante de Henry permet de quantifier le degré de partition à l'équilibre d'une substance entre la solution aqueuse dans laquelle elle est dissoute et l'air. Une substance est considérée comme volatile lorsque sa constante de Henry est supérieure à $10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$. La plupart des pesticides employés sont semi-volatils ou peu volatils. Les caractéristiques des molécules varient avec les conditions climatiques.

- Les caractéristiques de la surface traitée : composition du sol en matière organique et minérale, teneur en eau, température. Elles sont fortement dépendantes des conditions climatiques.

- Les pratiques culturales : mode d'application du pesticide, formulation du produit, amendements du sol ... etc [10].

L'illustration 3 résume les facteurs influençant le flux de volatilisation des pesticides.

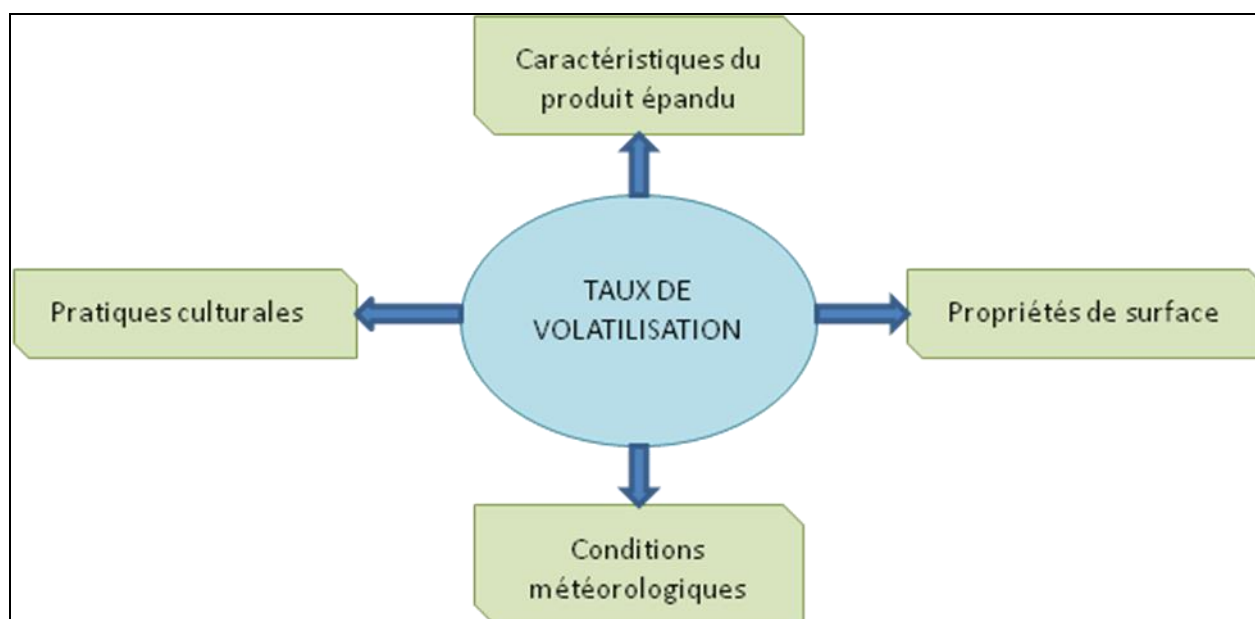


Illustration 3 : facteurs influençant la volatilisation

En terme d'intensité, les flux par volatilisation représentent jusqu'à 100 g/ha/h juste après l'application. Ils peuvent durer de quelques jours à quelques semaines et correspondre à quelques dizaines de pourcents de la dose appliquée [10].

1.4.1.3. Erosion éolienne

L'érosion par l'action du vent de particules sur lesquelles sont adsorbées des molécules du produit épandu participe également à la dissémination des pesticides dans l'air ambiant. Cette voie de contamination est supposée faible par les différentes études à ce sujet et concernerait plus particulièrement les zones ventées, de grandes plaines ou les cultures à faible couvert végétal.

L'illustration 4 suivante résume les différentes voies de contamination de l'environnement par les pesticides.

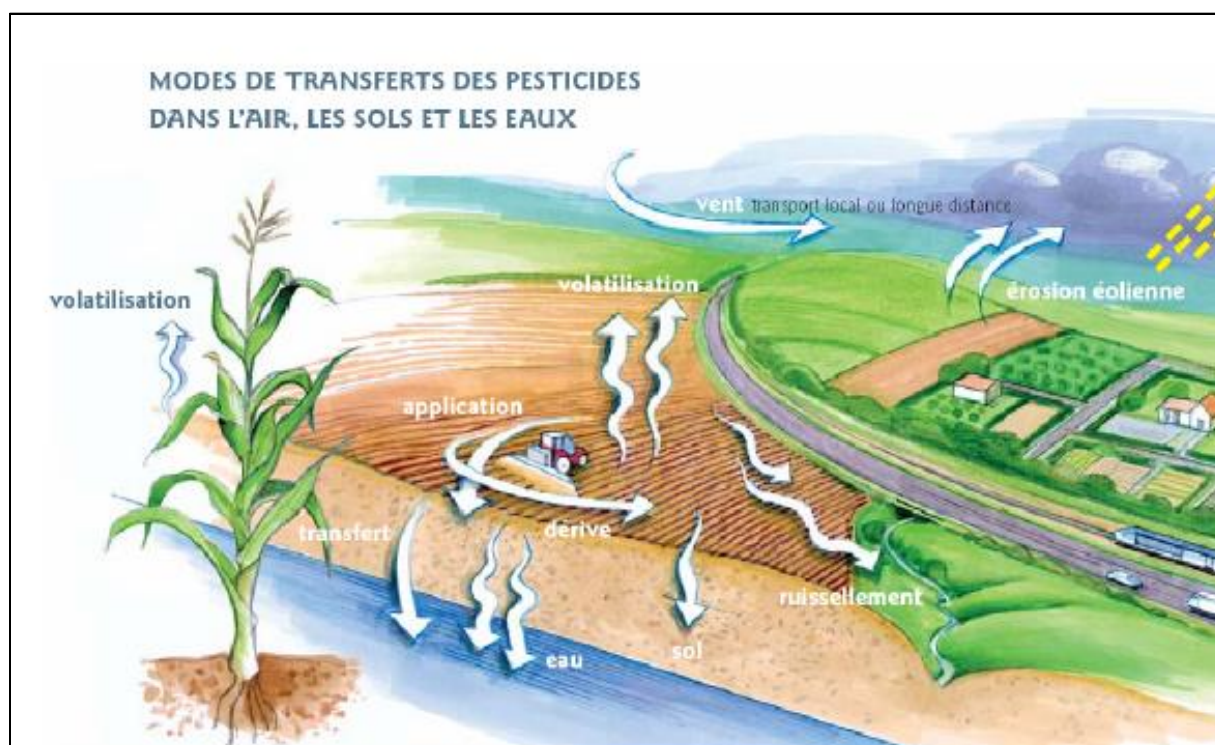


Illustration 4 : voies de contamination de l'environnement par les pesticides [5]

1.4.2. Comportement atmosphérique

1.4.2.1. Distribution entre phases gazeuses et aérosols particulaires et liquides

Lorsqu'ils ont rejoint l'atmosphère, les pesticides peuvent se trouver sous trois formes différentes :

- En phase gazeuse
- En phase liquide (gouttelettes)
- Adsorbés sur des particules solides

La répartition dans le compartiment aérien entre ces trois phases obéit à un équilibre complexe dépendant des caractéristiques de la molécule et des conditions atmosphériques ambiantes (température, humidité de l'air, concentration en aérosols...etc.). Cette répartition va conditionner le devenir du pesticide dans l'atmosphère et influencer son impact sur l'environnement et la santé. Ainsi, les composés sous forme gazeuse sont globalement plus sensibles à la dégradation dans l'air ; en contrepartie, ils sont plus facilement transportés par les courants atmosphériques que les aérosols, qui se déposent plus rapidement au sol et

parcourent ainsi de plus faibles distances. Par ailleurs, la forme gazeuse est plus facilement absorbée par les organismes vivants ; l'impact sur la santé est donc plus important pour les pesticides en phase gazeuse [10].

1.4.2.2. Diffusion : transport et dépôts atmosphériques

Les pesticides sont transportés dans le compartiment aérien par l'action des vents et courants ascendants. Ils parcourent des distances plus ou moins grandes, en fonction de leur stabilité dans l'atmosphère et des caractéristiques des courants aériens. Ce phénomène de diffusion explique la présence de certains pesticides très persistants dans l'air à des milliers de km de la plus proche source d'émission. C'est ainsi que des traces de DDT ont été retrouvées en Antarctique [11].

Les molécules peuvent quitter le compartiment aérien par déposition. On distingue les dépôts « secs », correspondant au dépôt de molécules à l'état gazeux ou sous forme particulaire et les dépôts « humides », constitués de molécules entraînées lors d'épisodes de pluie. Après leur dépôt, les composés peuvent être remis en suspension par revolatilisation ou réentraînement éolien [10].

1.4.2.3. Dégradation des pesticides dans l'air

L'atmosphère est un milieu oxydant où la grande majorité des réactions chimiques sont initiées par le rayonnement solaire et mettent en jeu un mécanisme radicalaire. Comme tous les composés organiques, les pesticides sous forme gazeuse sont dégradés par photolyse et par réaction d'oxydation avec des radicaux hydroxyles, nitrates ou avec l'ozone.

Ces processus de dégradation conduisent à la formation de métabolites qui sont parfois plus dangereux que la molécule mère.

La persistance atmosphérique des pesticides dépend de la vitesse de ces réactions, conditionnée par la structure chimique du composé, les concentrations en oxydants et les conditions climatiques [10].

2. Matériels et méthode

2.1. Objectif de l'étude

Cette étude a pour but de fournir un état des lieux général concernant la présence de pesticides dans le milieu atmosphérique en région Martinique. Il s'agit de donner une première appréciation qualitative et quantitative de la contamination de l'air ambiant par ces composés.

Le contexte actuel lié à l'épandage aérien souligne l'intérêt d'un tel travail. Néanmoins, l'étude ne se limite pas aux conséquences de ce seul type d'épandage mais est conçue dans une optique plus globale, tant au niveau de la diversité des molécules recherchées que de la localisation des sites de mesure.

2.2. Echantillonnage

2.2.1. Sélection des sites d'étude

Les sites de mesures sont choisis dans des zones géographiques différentes vis-à-vis de l'exposition aux pesticides afin d'avoir une représentativité optimale du territoire martiniquais. Ainsi, 3 types de sites sont ciblés :

- Sites urbains
- Sites agricoles soumis à l'épandage aérien
- Sites agricoles non concernés par l'épandage aérien

Chaque catégorie est représentée par deux sites d'étude.

Le choix des sites tient également compte des contraintes d'accessibilité routière pour l'acheminement du préleveur, et des possibilités de raccordement électrique.

La carte suivante (Illustration 5) représente la localisation des 6 sites de mesures définis sur le territoire d'étude.

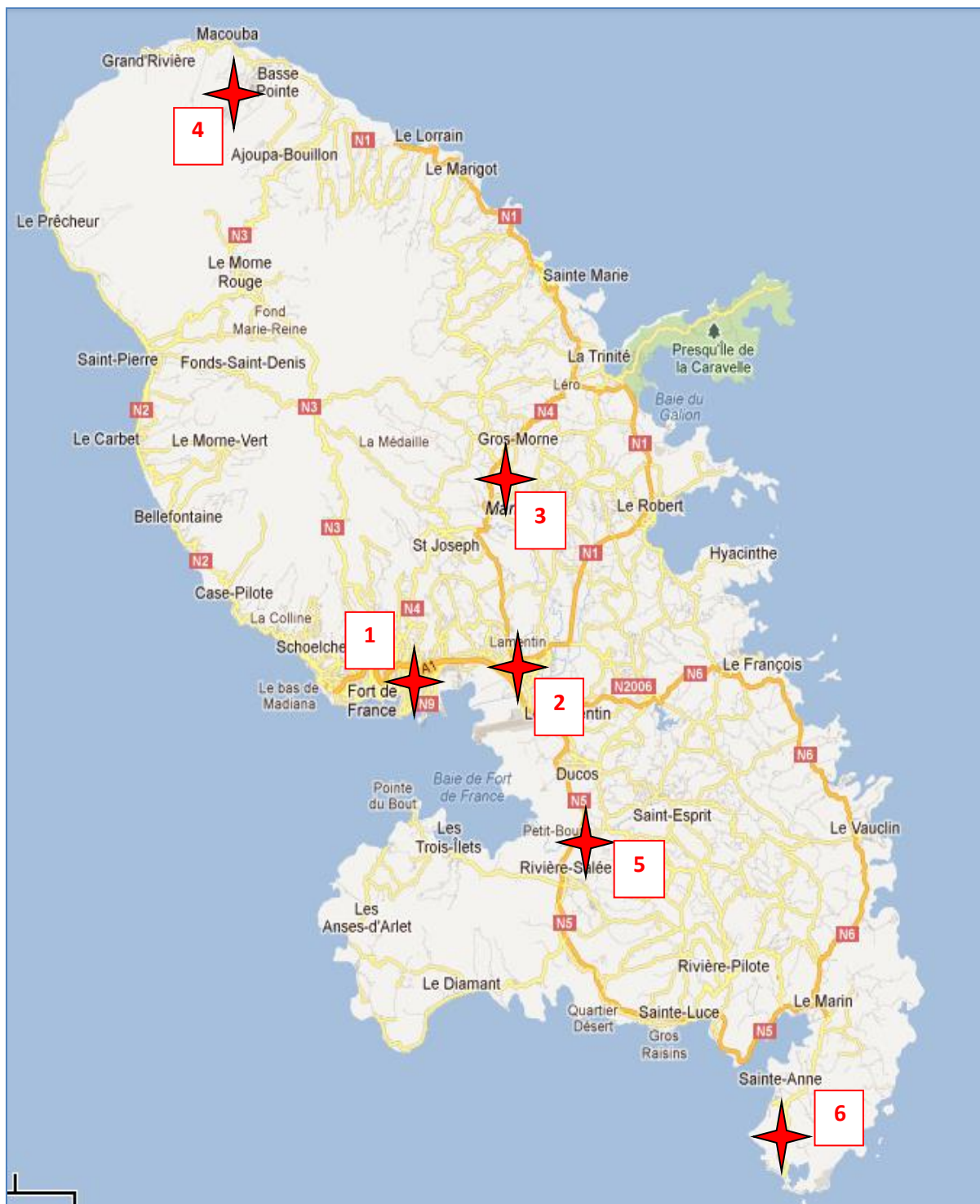


Illustration 5 : localisation des sites de mesure

2.2.1.1. Sites urbains

➤ (N°1) Avenue Maurice Bishop (Fort de France)

Fort de France, chef-lieu de la Martinique, est la ville la plus peuplée du territoire martiniquais avec 89 890 habitants (INSEE, 2009). La commune a une superficie de 44.21 km² et est principalement urbaine ; sa densité de population est de 2 033 hab. /km². L'espace dédié à l'agriculture est faible : la surface agricole utile (SAU) correspond à environ 2 % de la surface totale de la commune.

Le site de mesure N°1 se situe au cœur de l'agglomération de Fort de France, sur l'avenue Maurice Bishop. Ce site accueille également une station de mesure fixe de Madininair depuis février 2003.

Il s'agit d'une zone éloignée de toute production agricole. Les résultats des mesures de pesticides sur ce site permettront ainsi de connaître la concentration de fond, à laquelle est exposée une grande part de la population martiniquaise. Ils pourront également renseigner sur la présence de certains composés à usage non agricole, caractéristiques du traitement des bâtiments ou des campagnes de démoustication par exemple.

L'illustration 6 suivante montre la position géographique du site N°1 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.

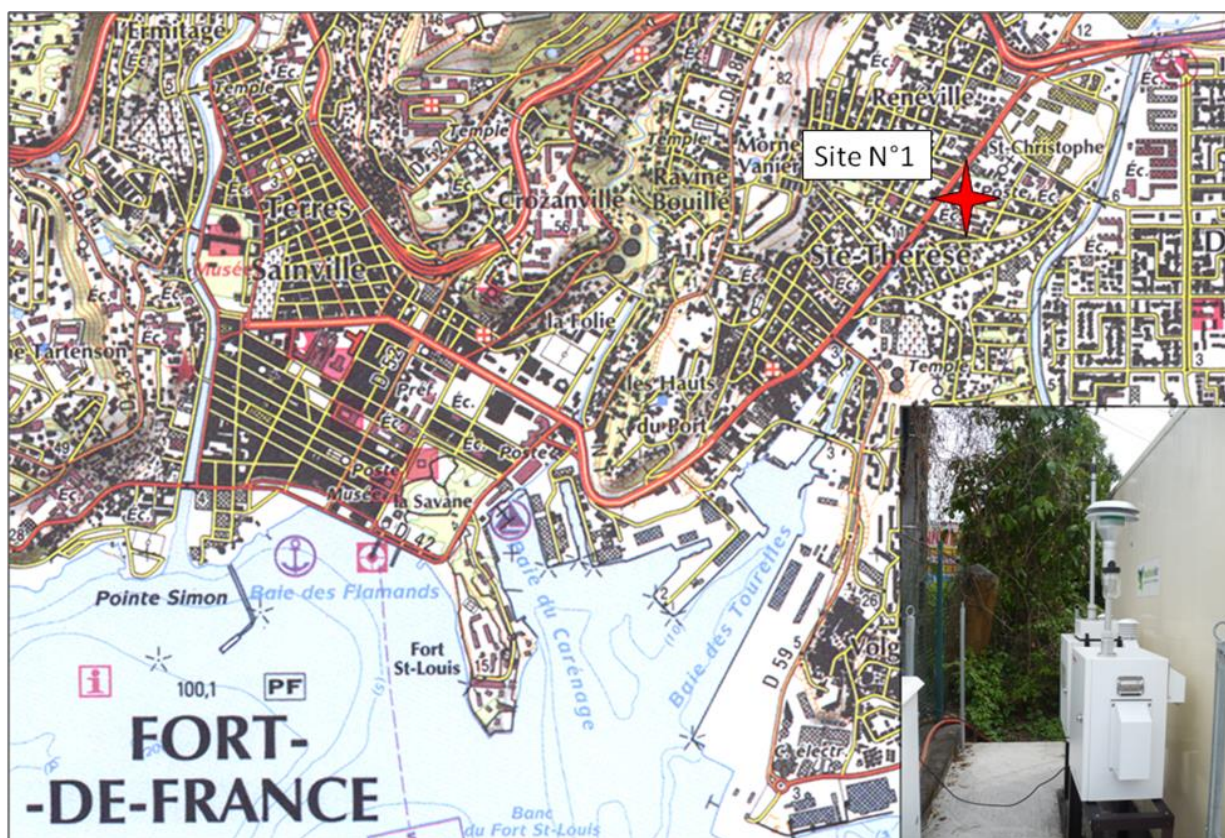


Illustration 6 : Site urbain (1) – Avenue Maurice Bishop à Fort de France

➤ (N°2) Quartier Bas Mission (Lamentin)

Le Lamentin, avec ses 39 764 habitants (INSEE 2009), est la deuxième ville la plus peuplée de Martinique après Fort de France. C'est également la plus grande commune en superficie (62.32 km²), regroupant un grand nombre d'industries sur son territoire. Elle présente aussi une surface importante dédiée à l'agriculture (45% de la superficie totale).

Le site N°2 se situe dans le bourg du Lamentin, au quartier Bas Mission. Ce site accueille également une station de mesure fixe de Madininair depuis avril 2003.

Il s'agit d'une zone urbaine, éloignée des surfaces agricoles, qui n'est donc pas directement sous l'influence d'utilisation de pesticides. Cependant, il faut noter la présence de terres cultivées notamment en banane et canne à sucre dans la partie est de la commune ; le site N°2 est donc positionné dans l'axe des vents de nombreuses parcelles potentiellement sources de pesticides. Ainsi, les résultats de mesure pour ce site donneront la concentration de fond d'un espace très peuplé, mais pourront également apporter des informations sur la dispersion des pesticides sur de moyennes distances.

L'illustration 7 montre la position du site N°2 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.



Illustration 7 : Site urbain (2) - Quartier Bas Mission au Lamentin

2.2.1.2. Site agricole avec épandage aérien

➤ (N°3) La Thibault (Gros Morne)

La commune de Gros Morne se situe au centre de la Martinique et s'étend sur 54.3 km². Il s'agit de la deuxième commune en superficie, présentant une SAU de 26 % du territoire. Le Gros Morne compte 10 826 habitants (INSEE 2009).

Le site N°3 est localisé au sud du bourg de Gros Morne, quartier Bagatelle, au sein de l'Habitation la Thibault. Le préleveur est placé en bordure d'une parcelle cultivée en banane. Les 50 premiers mètres du champ à proximité de l'appareil ne sont pas traités par voie aérienne : la présence d'un cours d'eau génère une zone d'interdiction de traitement aérien (ZITA). Ainsi, l'épandage aérien sur la parcelle est réalisé à une distance minimale de 50 m du préleveur. Tout espace habité engendrant également une ZITA de 50 mètres sur les parcelles, la mesure obtenue sur le site N°3 permettra d'estimer les concentrations en pesticides subies par les personnes vivant au plus proche des zones d'épandage aérien.

L'illustration 8 montre la position du site N°3 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.

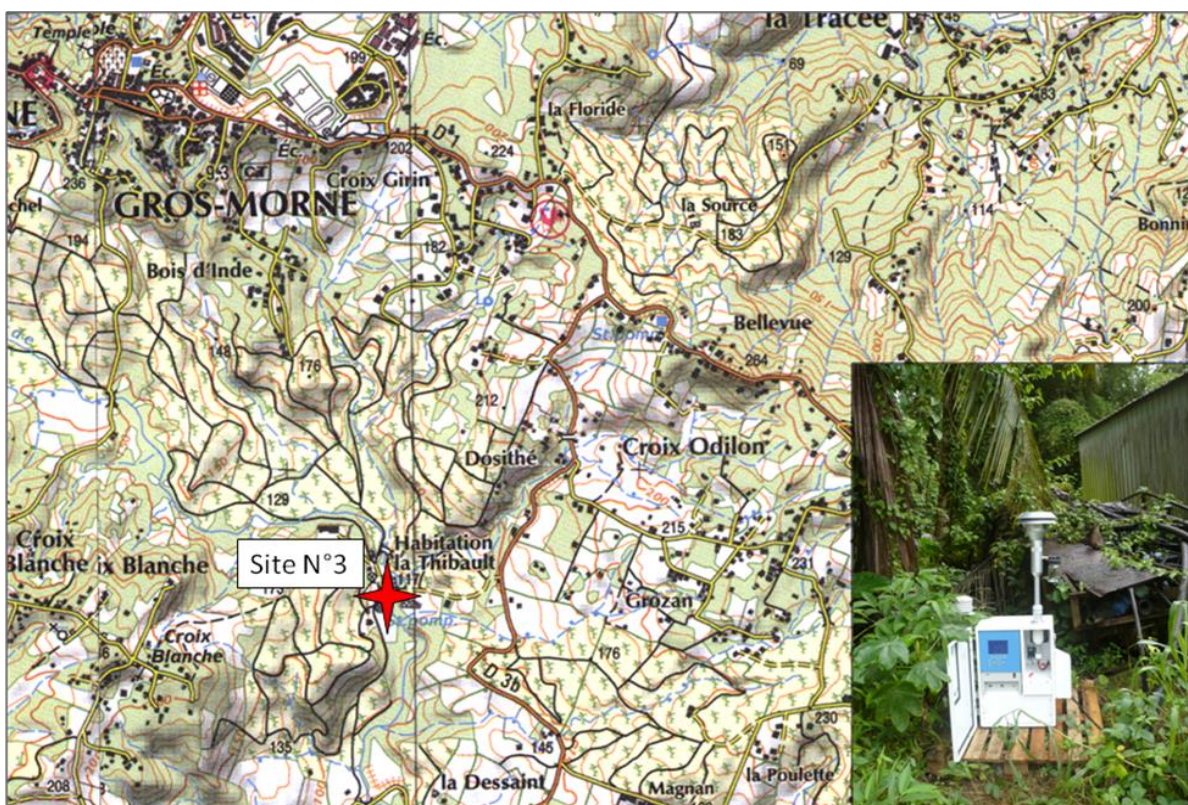


Illustration 8 : Site agricole avec épandage aérien (3) – La Thibault au Gros Morne

➤ (N°4) : Fonds Prévile (Macouba)

La commune de Macouba se situe à l'extrémité nord de l'île. Elle compte 1254 habitants (INSEE 2009) pour une surface de 16.93 km².

Il s'agit d'une commune où l'activité agricole est relativement importante, avec une SAU représentant 36 % de sa superficie totale.

Le site de mesure N°4 est localisé à l'est de la commune de Macouba, sur les terres de l'exploitation agricole de Fonds Prévile, au lieu-dit Théolade. Le préleveur est positionné sur la terrasse d'une habitation au cœur d'une plantation de bananes ; ici, la présence de la maison génère une ZITA sur un cercle de 50 mètres de rayon autour de l'espace habité. Ainsi, le préleveur est à une distance minimum de 50 mètres des zones traitées par voie aérienne. Comme dans le cas du site de la Thibault au Gros Morne, la mesure sur ce site permettra d'estimer les concentrations en pesticides respirés par les personnes potentiellement les plus exposés.

L'illustration 9 montre la position du site N°4 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.



Illustration 9 : Site agricole avec épandage aérien (4) - Prévile à Macouba

2.2.1.3. Site agricole sans épandage aérien

➤ (N°5) : Lapalun (Rivière Salée)

La commune de Rivière Salée est située au sud-ouest de l'île. Elle s'étend sur 39 km² et abrite 13 179 habitants (INSEE 2009).

Le territoire est caractérisé par d'importantes surfaces cultivées en canne à sucre notamment. La SAU représente 57% de la superficie de Rivière Salée.

Le site N°5 se situe au nord du bourg de Rivière Salée, en bordure d'une plantation de canne à sucre. L'appareil de mesure est branché sur l'alimentation électrique d'une station de pompage d'eau à la lisière de la parcelle cultivée.

Les résultats de mesure sur ce site donneront des informations quant à la pollution de l'air en milieu agricole et plus particulièrement aux alentours des exploitations productrices de canne à sucre.

L'illustration 10 montre la position du site N°5 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.



Illustration 10 : Site agricole sans épandage aérien (5) - Lapalun à Rivière Salée

➤ (N°6) : Route des Salines (Sainte-Anne)

La commune de Sainte-Anne occupe l'extrémité sud de la Martinique. Elle accueille 4 751 habitants (INSEE 2009) sur une superficie de 38,42 km². Sa vocation est principalement touristique mais on note également une activité agricole relativement importante (26 % de la surface totale) avec principalement canne à sucre et productions maraîchères.

Le site N°6 est localisé au sud du bourg de Sainte-Anne, sur la route des Salines, au sein de la melonnière « Boyer SA ». Le préleveur est positionné à une cinquantaine de mètres du champ de melons le plus proche.

Les mesures sur ce sites donneront des informations sur la présence de pesticides dans l'air à proximité des exploitations agricoles de type maraîchage.

L'illustration 11 suivante montre la position géographique du site N°6 ainsi qu'une photographie de l'appareil de mesure en place.

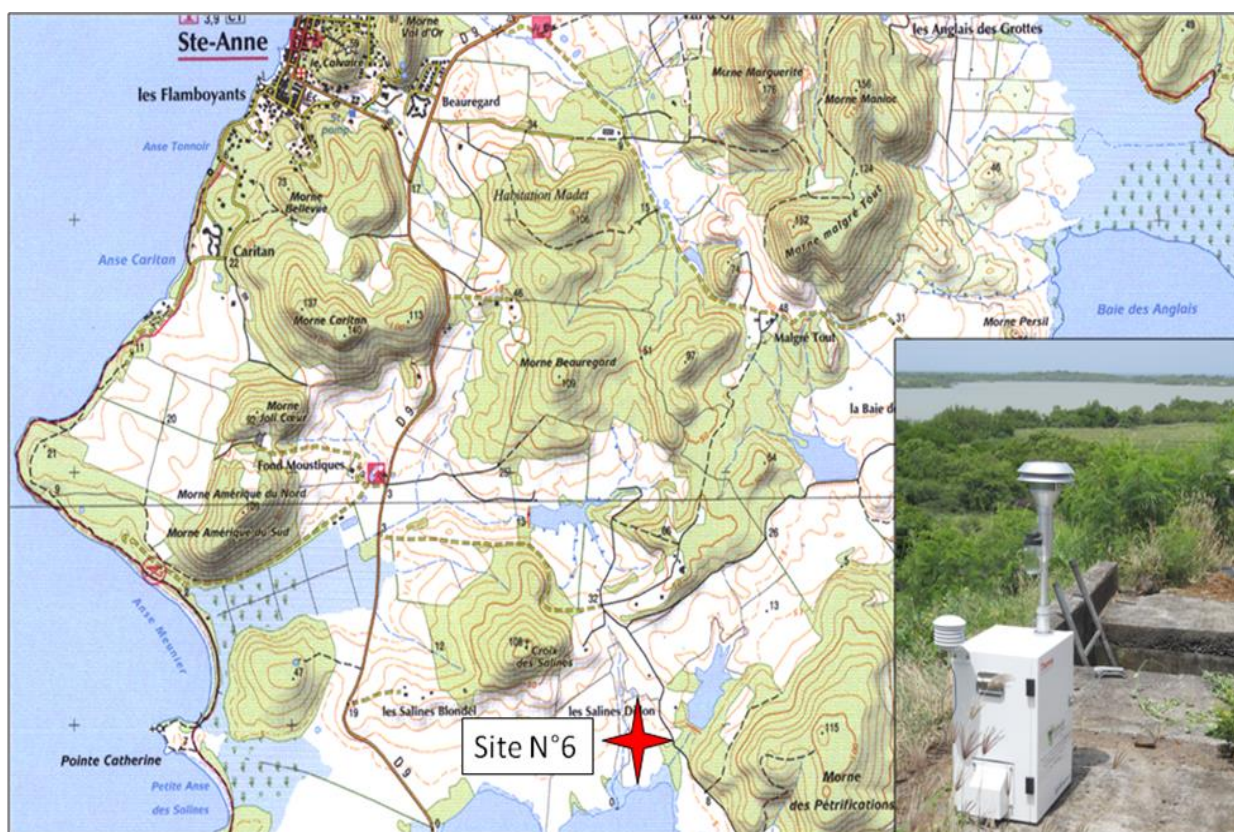


Illustration 11 : Site agricole sans épandage aérien (6) – Boyer SA à Sainte-Anne

2.2.2. Sélection des pesticides à rechercher

Avant de débiter les analyses, il est indispensable de définir les composés à rechercher dans les prélèvements.

La priorité a été donnée aux molécules les plus utilisées sur le territoire pour différents types de culture (banane, canne à sucre, ananas, arboriculture, maraichage...) et en usage ménager (insecticides domestiques, traitement du bois, campagnes de démoustication).

Les composés administrés par voie aérienne et ceux recherchés dans les campagnes de mesure en milieu aquatique ont été sélectionnés d'office.

L'étude intègre aussi des pesticides qui ne sont plus épandus actuellement mais qui ont fait l'objet d'applications importantes dans le passé.

Enfin, la sélection tient compte des possibilités analytiques du laboratoire sollicité.

Le tableau suivant (Illustration 12) présente la liste des 60 pesticides retenus ainsi que leurs principales caractéristiques. Les molécules aujourd'hui interdites à l'utilisation apparaissent en rouge.

Substance	Famille chimique	Constante de Henry (Pa.m ³ .mol ⁻¹)	DJA (mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹)	Usage	Action
2.4 D	phytohormone synthétique	1,30E-05	0,01	C	H
acétamipride	organochloré	5.3E-08	0.07	M, Ar	I
a-endosulfan	organochloré	1,50E+00	0,06	M	I
a-hch	organochloré	6,80E-01	0,008	Agricole large	I
alachlore	chloroacétamide	2,10E-03	0,0005	C	H
aldicarbe	carbamate	5,30E-01	0,001	B	I
atrazine	triazine	2,60E-04	0,0005	An ; fourrages	H
atrazine déséthyl	triazine	1,50E-04	0.0005	Produit de désintégration de l'atrazine	
azinphos ethyl	organophosphor	3,05E-6	0.03	M, Ar	I

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Substance	Famille chimique	Constante de Henry (Pa.m ³ .mol ⁻¹)	DJA (mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹)	Usage	Action
	é				
azinphos methyl	organophosphoré	1,6E-3	0.005	M, Ar	I
azoxystrobine	strobilurine	7,3E-9	0.1	M	F
b hch	organochloré	6,80E-01	0.0006	Agricole large ; anti termite ménager	I
b-endosulfan	organochloré	7,00E-02	0,006	M, Ar, non agricole	I
benomyl	carbamate	5,00E-04	0,1	B ; M ; Ar	F
bifenthrine	pyréthri-noïde	1,00E+02	0,02	M	I
bitertanol	triazole	2,60E-07	0,01	B	F
bromacil	uracile	1.3E-05	0.006	An, M	H
bromopropylate	carbinol	5,80E-03	0,03	M, Ar	I
carbendazime	carbamate	1,60E-06	0,03	M	F
chlordécone	organochloré	2,53E-03	0.005	B	I
chlorothalonil	dérivé phtalique	3,40E-02	0,03	M	F
chlorpyrifos ethyl	organophosphoré	1,10E+00	0,003	M ; ménager ; vétérinaire	I
cyperméthrine	pyréthri-noïde	3,90E-04	0,05	Agricole large ; bois	I
cyprodinil	anilinopyrimidine	8,50E-03	0,03	M	F
deltaméthrine	pyréthri-noïde	3,10E-02	0,01	M ; Ar ; démoustication	I
diazinon	organophosphoré	3,90E-02	0,002	Agricole large	I
dichlorvos	organophosphoré	2,60E-02	0,004	Bâtiment	I
dicofol	carbinol	2,40E-07	0,0025	M	I

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Substance	Famille chimique	Constante de Henry (Pa.m ³ .mol ⁻¹)	DJA (mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹)	Usage	Action
difénoconazole	triazole	8,90E-07	0,01	B ; Ar ; bois	F
diuron	urée substituée	5,10E-05	0,0015	M ; An	H
ethoprophos	organophosphoré	1,60E-02	0,0003	An	I
fenpropidine	morpholine	8,70E-02	0,005	B	F
fenpropimorphe	morpholine	1,60E-01	0,003	Agricole large	F
fipronil	phénylpyrazole	3,80E-05	0,0002	B	I
fluzilazole	triazole	2,70E-04	0,002	B	F
folpel	phtalimide	7,80E-03	0,1	M	F
g-hch = lindane	organochloré	1,50E-01	0,001	Agricole large	I
hexythiazox	thiazolidinole	1,20E-02	0,03	Ar, M	I
iprodione	hidantoine	7,00E-06	0,03	M	F
lambda cyhalotrine	pyréthriñoïde	2,00E-02	0,05	M, C	I
malathion	thiophosphate	2,80E-03	0,3	Bâtiment	I
méthidathion	organophosphoré	3,30E-04	0,001	M	I
méthomyl	carbamate	2,10E-09	0,03	M ; Ar	I
s-métolachlore	chloroacétamide	9,1E-04	0,1	An ; C	H
oryzalin	phénylamine	1,60E-04	0,05	B	H
oxadiazon	oxadiazolone	3,60E-07	0,0036	dés herbage non agricole	H
pendiméthaline	toluidine	3,80E+00	0,05	C, M	H
phosalone	organophosphoré	8,00E-03	0,0025	Ménager	I
phosmet	organophosphoré	1,30E-03	0,01	Ar	I
phoxime	organophosphoré	4,20E-01	0,001	Anti fourmis ménager	I

Substance	Famille chimique	Constante de Henry (Pa.m ³ .mol ⁻¹)	DJA (mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹)	Usage	Action
propiconazole	triazole	9,20E-05	0,04	B ; Ar	F
pyrimicarbe	carbamate	3,60E-05	0,02	M	I
simazine	triazine	5,60E-05	0,001	B ; M ; Ar ; An	H
tébutame	benzamide	1,50E-02	0,15	Non agricole	H
terbufos	organophosphoré	2,7E+00	0.0002	B	I
terbutylazine	triazine	4,00E-03	0,0022	Agricole large	H
thiabendazole	carbamate	3,70E-06	0,1	M, B	F
thirame	dithiocarbamate	3,30E-02	0,01	M	F
trichlopyr	pyridine	1,20E-09	0,005	C	H
trifluraline	dinitroanilide	1,70E+01	0,0024	M, Ar	H

Illustration 12 : liste des pesticides recherchés dans les prélèvements

B : banane, M : maraichage, C : canne à sucre, Ar : arboriculture, An : ananas.

I : insecticide, H : herbicide, F : fongicide

DJA : Dose Journalière Admissible

2.2.3. Déroulement de la campagne de mesure

2.2.3.1. Calendrier

Les mesures s'échelonnent entre mars et août 2012.

Le site N°1 (avenue Maurice Bishop à Fort de France) sera étudié pendant 5 semaines, tandis que les sites N°2 à 6 subiront chacun 2 semaines de mesure. Pour chaque site, un blanc sera réalisé.

L'illustration 13 ci-dessous présente le calendrier global de l'étude.

N° site	Nom site	Prélèv. 1	Prélèv. 2	Prélèv. 3	Prélèv. 4	Prélèv. 5	Blanc
1	Bishop - Fort de France	12/03/12 au 20/03/12	20/03/12 au 27/03/12	29/03/12 au 05/04/12	10/04/12 au 17/04/12	19/04/12 au 26/04/12	26/04/12
2	Mission - Lamentin	16/05/12 au 23/05/12	25/05/12 au 01/06/12				16/05/12
3	La Thibault - Gros Morne	30/04/12 au 07/05/12	17/04/13 au 24/04/13				16/05/12
4	Préville - Macouba	28/06/12 au 05/07/12	05/07/12 au 12/07/12				28/06/12
5	Lapalun - Rivière- Salée	07/08/12 au 14/08/12	14/08/12 au 21/08/12				14/08/12
6	Boyer- Sainte Anne	01/06/12 au 08/06/12	11/06/12 au 18/06/12				11/06/12

Illustration 13 : calendrier de l'étude

2.2.3.2. Cas des prélèvements liés à l'épandage aérien

Sur les deux mesures prises au niveau de chaque site concerné par le traitement aérien (sites 3 et 4), une seule a lieu pendant une semaine où un épandage aérien est effectivement réalisé. L'autre mesure a lieu hors semaine de traitement et donnera ainsi une information sur la concentration de fond à proximité des zones traitées.

2.3.Méthodologie de prélèvement

2.3.1. Matériel utilisé

Les mesures sont effectuées à l'aide d'un préleveur d'air « PARTISOL 2000 », fabriqué par Rupprecht & Patashnick Co. et distribué par Ecomesure.

L'échantillonneur aspire l'air avec un débit constant fixé à 1 m³/h. L'air ambiant aspiré passe à travers une cartouche munie de supports de prélèvements : une mousse en polyuréthane piégeant les pesticides en phase gazeuse, et un filtre en microfibres de quartz piégeant la phase particulaire, c'est-à-dire les pesticides adsorbés sur des particules solides ou liquides. Le préleveur est équipé d'un système permettant de recueillir uniquement la fraction de particules dont le diamètre est inférieur à 10 µm ; il s'agit en effet de la fraction la plus susceptible de pénétrer l'appareil respiratoire humain.

Les supports de prélèvements (filtres et mousses) présentent des efficacités de piégeage différentes selon les substances recherchées. Les pesticides seront ainsi plus ou moins bien fixés sur les supports à l'issue du prélèvement, cela entraînant une sous-estimation des concentrations pour les molécules les moins bien fixées. Ces efficacités de piégeage, dépendantes des propriétés physico-chimiques des substances, sont connues pour certaines molécules recherchées dans le cadre de cette étude. Elles sont présentées en annexe 1.

Le préleveur est conçu pour réaliser des mesures hebdomadaires. Il permet ainsi d'obtenir des mesures moyennes de pesticides dans l'air ambiant, représentatives d'une semaine d'exposition.

Le prélèvement suit les préconisations de la norme AFNOR X43058.

L'illustration 14 présente le PARTISOL 2000 et les différents éléments de la cartouche pesticides.

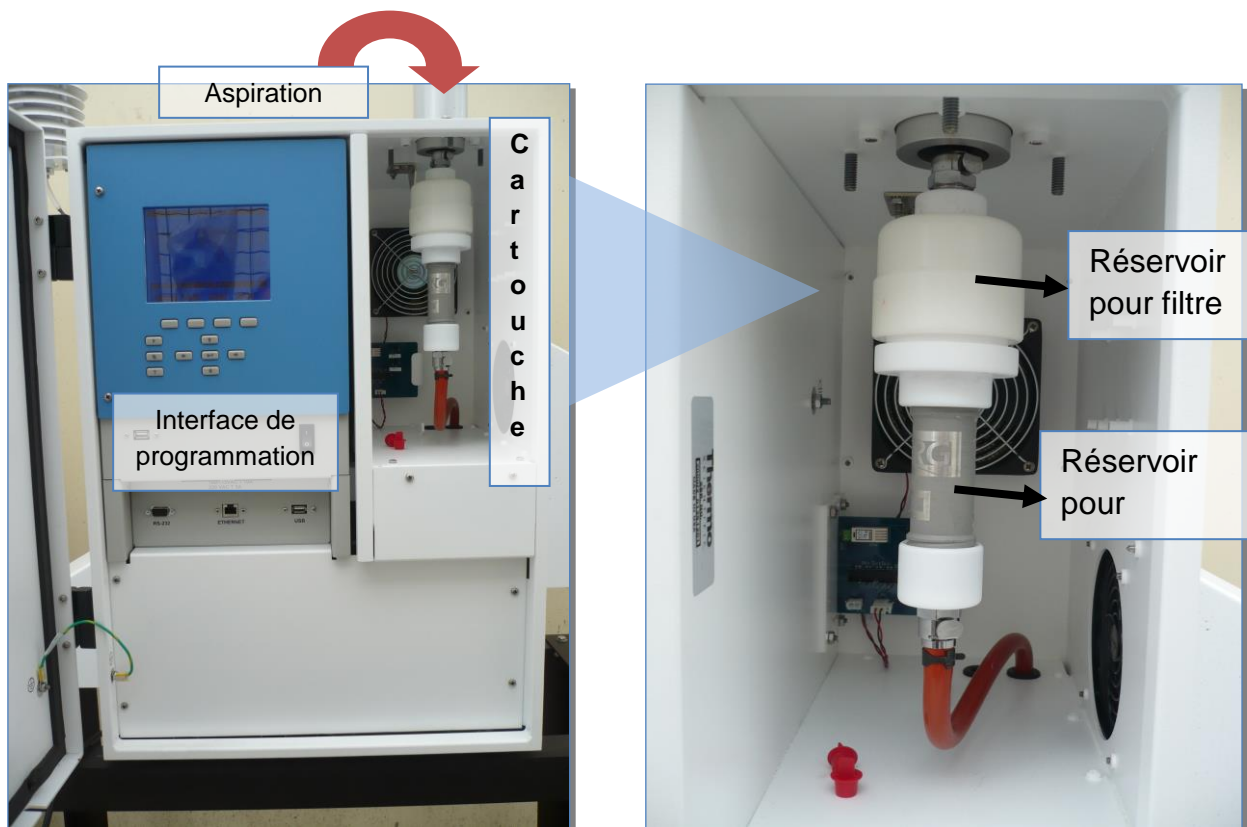


Illustration 14 : PARTISOL 2000 et cartouche URG

2.3.2. Préparation, transport et conservation des échantillons

2.3.2.1. Conditionnement des supports de prélèvement

Les différents supports (mousses en polyuréthane et filtres en microfibres de quartz) sont conditionnés par le laboratoire avant utilisation. Il s'agit de supprimer toute trace de pesticide sur les supports avant la phase de prélèvement afin de ne pas fausser les résultats.

Les filtres sont calcinés à 500 °C pendant 2h. Les mousses sont nettoyées au solvant à l'aide d'un appareillage ASE (Accelerated System Extraction).

Les supports ainsi conditionnés sont assemblés dans la cartouche au laboratoire. Cette dernière est alors prête à l'emploi. Elle est enveloppée dans du papier aluminium calciné jusqu'à son utilisation, qui doit avoir lieu au maximum 15 jours après son conditionnement.

2.3.2.2. Transport et stockage des échantillons

Après prélèvement, la cartouche est retirée du préleveur et placée à l'abri de la lumière à l'aide de papier aluminium et confinée dans un sachet plastique. Elle est stockée dans un congélateur portatif durant le transport puis au congélateur pendant un minimum de 24h.

Pour l'expédition vers le laboratoire d'analyses, la cartouche est placée dans une caisse isotherme équipée de plaques eutectiques garantissant une température inférieure à - 8°C pendant au moins 96 heures. Ce transport froid permet d'éviter la perte de composés volatils présents dans les prélèvements.

Une fois réceptionnée par le laboratoire, la cartouche est à nouveau stockée au congélateur jusqu'au moment de l'analyse.

2.3.3. Description pratique d'un prélèvement

Pour chaque mesure, le préleveur est transporté en voiture jusqu'au site étudié. Il est positionné sur le terrain de manière stable et relié à une source d'électricité 220 V. La cartouche est raccordée au système d'aspiration et le préleveur programmé pour fonctionner pendant 7 jours. A la fin de cette période, la mesure est terminée ; la cartouche est retirée de l'appareil, conservée au congélateur puis envoyée au laboratoire pour son analyse. Le préleveur est alors disponible pour une nouvelle mesure.

2.3.4. Acquisition de données météorologiques

La présence de pesticides dans l'air est influencée par les paramètres météorologiques (température ambiante, humidité de l'air, vent, pluviométrie...etc.). En effet, les différents phénomènes impliqués dans la dispersion des molécules (dérive, volatilisation, érosion éolienne, dégradation atmosphérique, dépôt...) sont fortement liés aux conditions ambiantes.

Il est donc intéressant de disposer de données météorologiques correspondant au lieu et à la période de chaque prélèvement afin d'aider à l'interprétation des résultats.

Pour cela, les préleveurs PARTISOL disposent d'un capteur météo capable d'enregistrer la température, l'humidité relative, la pression ambiante, la direction et la vitesse du vent pendant toute la durée du prélèvement.

Concernant la pluviométrie, les données seront recueillies au niveau de différentes stations météorologiques départementales situées non loin des zones de prélèvement.

2.4. Analyse

L'analyse est réalisée selon les préconisations de la norme AFNOR X-43059. La première étape consiste à extraire au solvant les matières recherchées à partir des supports de piégeage (mousses PUF et filtres). Cette extraction est suivie d'une phase de concentration par évaporation de la solution obtenue. Enfin, l'analyse qualitative et quantitative est réalisée par chromatographie en phases gazeuse et liquide couplées à la spectrométrie de masse.

Bien que les phases particulaire et gazeuse soient prélevées sur deux supports différents, elles sont analysées conjointement. En effet, il existe des processus de revolatilisation des pesticides initialement en phase particulaire, d'adsorption des pesticides en phase gazeuse sur le filtre, et de migration des particules vers la mousse [12] qui ne permettent pas de déterminer avec certitude la répartition d'une substance entre ses deux phases.

Chaque pesticide recherché présente une limite de détection (LD) et une limite de quantification (LQ), correspondant respectivement à la concentration minimale à partir de laquelle le laboratoire peut affirmer la présence de la substance et celle à partir de laquelle il est possible de la quantifier. Les valeurs de ces LD et LQ sont présentées en annexe 2.

L'illustration 15 suivante résume le principe de mesure des pesticides dans l'air ambiant.

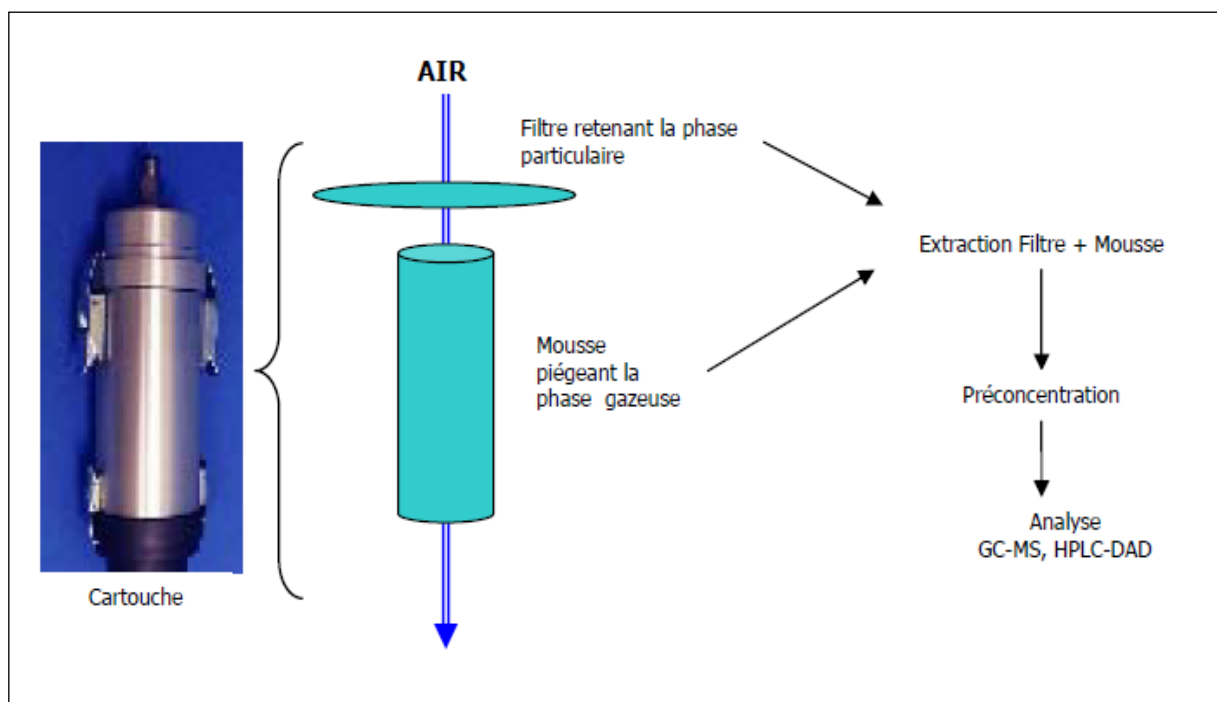


Illustration 15 : principe de la mesure des pesticides dans l'air

3. Résultats

Les résultats des analyses pour chaque cartouche ainsi que les conditions météorologiques sur la période de mesure sont reportées en annexe 3.

3.1. Niveaux de blancs

Sur chaque site, le blanc réalisé montre après analyse des niveaux de pesticides inférieurs aux limites de détection des différentes substances recherchées. Ainsi, les supports de prélèvement n'ont pas été contaminés durant leur stockage et transport jusqu'au lieu de mesure.

3.2. Substances détectées

Durant les campagnes de mesure, 6 substances actives ont été détectées parmi les 60 recherchées. Il s'agit du chlorpyrifos éthyl, dicofol, pendiméthaline, oxadiazon, fenpropidine et s-métolachlore.

Le graphique suivant (Illustration 16) présente le nombre de détections pour chacune des 6 substances mesurées au cours de la campagne.

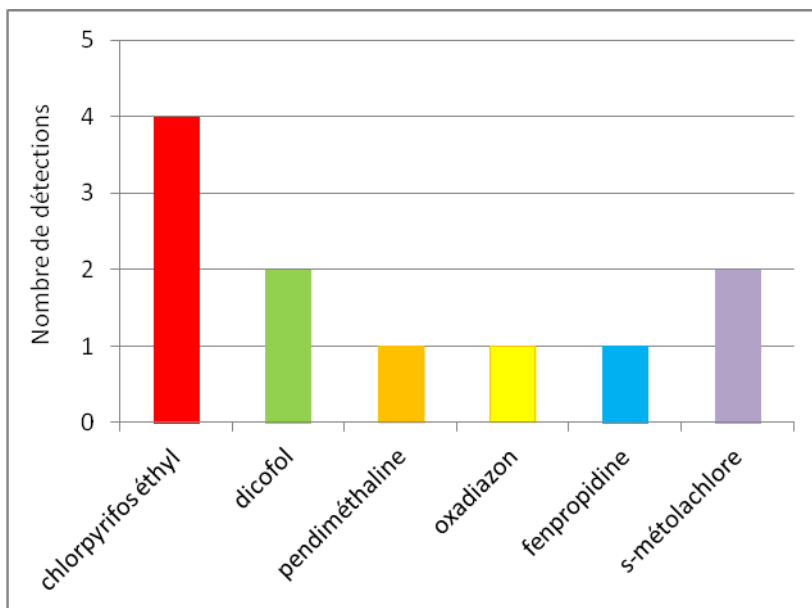


Illustration 16 : fréquence de détection des pesticides mesurés

Le chlorpyrifos éthyl est le composé le plus fréquemment détecté durant la période d'étude (4 détections au total). Il est suivi par le dicofol et le s-métolachlore, détectés 2 fois, puis les pendiméthaline, oxadiazon et fenpropidine qui ne sont apparus qu'une fois au cours de la campagne.

L'illustration 17 fait apparaître les constantes de Henry des substances décelées. La constante de Henry révèle la volatilité du composé : plus elle est faible, moins la molécule est volatile.

Substances actives	Constante de Henry (Pa.m ³ .mol ⁻¹)
Chlorpyrifos éthyl	1,1
Dicofol	2,4 E-7
Pendiméthaline	3,6 E-7
Oxadiazon	3,8
Fenpropidine	8,7 E-2
Métolachlore	9,1 E-4

Illustration 17 : Constantes de Henry des différentes molécules détectées

Les molécules détectées présentent des constantes de Henry très variées, allant de 2.4 E-7 à 3.8 Pa.m³.mol⁻¹.

3.3. Répartition géographique des détections

Le tableau suivant (Illustration 18) présente les 6 substances en fonction des sites sur lesquels elles ont été détectées.

	Sites urbains		Sites banane		Site canne	Site melon
	Site N°1	Site N°2	Site N°3	Site N°4	Site N°5	Site N°6
chlorpyrifos éthyl	x	x				
dicofol	x	x				
pendiméthaline	x					
oxadiazon	x					
fenpropidine				x		
s-métolachlore				x	x	

Illustration 18 : localisation des détections de pesticides

On constate que la majorité des composés ont été détectés en zone urbaine, notamment à Fort de France (site N°1), où 4 substances actives ont été mises en évidence au total. Rappelons toutefois que ce site a été étudié pendant 5 semaines contre 2 pour chacun des autres sites.

Concernant les sites agricoles, seules deux substances, la fenpropidine et le métolachlore ont été détectées lors de la campagne. Sur le site N°4, proche d'une bananeraie, les deux substances ont été détectées ; sur le site N°5, proche de cannes à sucre, seul le s-métolachlore a été décelé.

3.4. Concentrations observées

Le graphique suivant (Illustration 19) fait apparaître les concentrations des substances mesurées sur les différents sites.

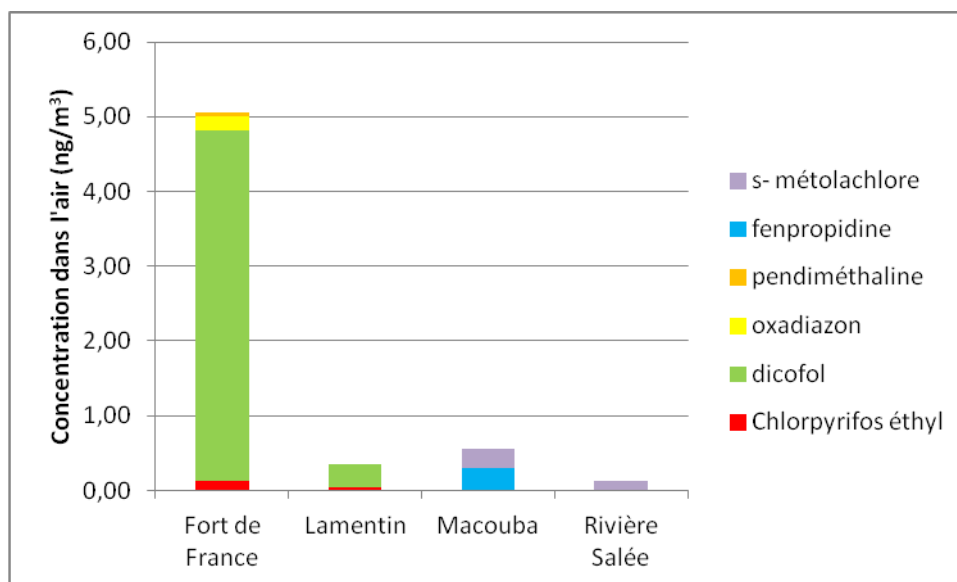


Illustration 19 : concentrations en pesticides observées

Les concentrations mesurées sont de l'ordre de quelques ng par m³ d'air. La concentration maximale est atteinte par le dicofol à Fort de France, avec une valeur de 4.68 ng/m³. Les niveaux de concentration des 5 autres substances détectées sont toujours inférieurs à 1 ng/m³.

Ces valeurs de concentrations sont relativement proches de celles que l'on observe en métropole, où elles varient généralement entre 0 et quelques ng/m³.

4. Discussion

4.1. Comparaison par typologie de site

4.1.1. Des zones urbaines plus touchées que les zones rurales

Les résultats suggèrent une présence plus importante des pesticides en zone urbaine qu'en milieu rural, tant au niveau de leur diversité que des concentrations observées. Sur le site de Fort de France, on rencontre 4 substances différentes (chlorpyrifos éthyl, dicofol, oxadiazon et pendiméthaline) ainsi que la plus grande concentration mesurée sur toute la campagne, pour le dicofol (4.68 ng/m^3). Concernant les sites agricoles, seules 2 molécules ont été décelées (fenpropidine et métolachlore), à des concentrations relativement faibles (respectivement 0.3 et 0.26 ng/m^3).

Cette tendance plutôt inattendue souligne le fait que les activités agricoles ne sont pas les seules responsables des émissions de pesticides dans l'air. Les usages ménagers ou d'entretien d'espaces verts participent également à la contamination de l'atmosphère.

L'exposition aux pesticides par inhalation ne concerne donc pas uniquement les riverains proches des zones agricoles ; au contraire, elle semble toucher davantage les citadins, donc une part importante de la population martiniquaise puisque l'agglomération Fort de France-Lamentin-Schœlcher rassemble à elle seule près de 38 % de la population totale.

4.1.2. Des différences observées au sein des sites agricoles

Aucune substance n'a été détectée à Saint-Anne sur l'exploitation melonnière et à La Thibault au Gros-Morne à proximité de l'exploitation de bananes.

A Rivière- Salée, à proximité de la culture de canne à sucre, seul le métolachlore a été détecté.

Sur le site N°4, proche de parcelles en banane, deux composés ont été décelés dans l'air : il s'agit de la fenpropidine et du métolachlore, à Macouba.

Ainsi, il semble que la présence de pesticides dans l'air est plus importante aux alentours des cultures de banane à Macouba que des deux autres types de culture étudiés.

Cependant, il faut noter l'absence de détection des composés épandus par voie aérienne (propiconazole et difénoconazole), même dans les prélèvements réalisés pendant une période de traitement. Ceci peut s'expliquer par diverses hypothèses : les caractéristiques physicochimiques propres à ces deux molécules, dont les constantes de Henry sont faibles (respectivement 9.2 E^{-5} et 8.9 E^{-7} Pa.m³.mol⁻¹) et qui sont donc très peu volatiles. Des conditions météorologiques particulières pourraient également jouer un rôle : sur le site de Macouba, une averse importante étant survenue très peu de temps après le passage de l'hélicoptère, les composés ont pu être entraînés rapidement vers le sol par le phénomène de lessivage, de même que sur le site du Gros-Morne, les prélèvements ont été réalisés lors d'une période particulièrement pluvieuse.

Quelles que soient les explications avancées, les mesures réalisées sur les deux sites agricoles montrent que le produit épandu n'a pas dérivé dans l'air jusqu'à atteindre le préleveur situé à une cinquantaine de mètres de la zone d'épandage, ceci lors d'un épisode de traitement ciblés par l'étude. Il est impossible cependant de savoir si ce constat reflète une réalité permanente ou s'il est dû à des conditions particulières, du fait du faible nombre de mesures effectuées.

Il y a clairement un intérêt important à augmenter la fréquence et la durée des prélèvements, de façon à augmenter encore la pertinence de ces résultats.

4.2.Des détections en lien avec les usages

4.2.1. Sites urbains (Fort de France et Lamentin)

Parmi les 4 substances détectées sur les sites urbains, 2 sont d'origine non agricole. Il s'agit du chlorpyrifos éthyl, un insecticide utilisé dans les ménages ainsi que pour la santé vétérinaire, et de l'oxadiazon, un herbicide principalement utilisé pour le désherbage des zones non agricoles. Les résultats des mesures sont ainsi en accord avec les usages caractéristiques d'une zone urbaine.

Par ailleurs, on observe la présence de 2 molécules utilisées en agriculture. Il s'agit et du dicofol, insecticide utilisé principalement en maraichage, et de la pendiméthaline (détectée uniquement à Fort de France), herbicide employé pour les cultures maraîchères et de canne à sucre. La détection de ces composés dans des zones éloignées de toute production agricole atteste de la capacité de transport des pesticides dans l'air ambiant. Utilisées sur les exploitations agricoles à plusieurs

kilomètres du lieu de mesure, les substances ont pu être transportées par des courants éoliens jusqu'à atteindre les centres urbains.

4.2.2. Sites agricoles en banane (Gros Morne et Macouba)

Un fongicide utilisé pour la culture de banane a été détecté au niveau du site N°4 à Macouba : la fenpropidine. On a également constaté, sur ce même site, la présence de métolachlore, un herbicide fréquemment utilisé pour le traitement des parcelles d'ananas. Cette culture étant caractéristique du nord de la Martinique, donc potentiellement pratiquée aux alentours du site de mesure, la présence de métolachlore peut s'expliquer ici encore par le transport atmosphérique des substances chimiques sur de moyennes distances.

4.2.3. Sites agricoles melon et canne à sucre (Sainte-Anne et Rivière-Salée)

Aucun pesticide n'a été détecté sur le site de Sainte-Anne.

A Rivière Salée, le métolachlore a été détecté en faible quantité. Il s'agit d'un herbicide utilisé régulièrement sur l'exploitation agricole.

4.3. Comparaison aux résultats de la région Centre

L'association de surveillance de la qualité de l'air en Région Centre a réalisé, en 2011, une étude sur la contamination de l'air par les produits phytosanitaires. Les mesures ont été effectuées pendant 18 semaines de prélèvements, durant la période de traitement des cultures, sur 5 sites : 2 sites urbains et 3 sites ruraux, dont 2 dans un village et 1 dans un champ. Les pesticides détectés, en commun avec celles de la Martinique, sont le chloropyrifos éthyl, le pendiméthaline, l'oxadiazon et le s-métolachlore. Le tableau ci-dessous, présente les concentrations de ces pesticides dans l'air sur la Région Centre.

Sites de mesure	Typologie	Concentrations moyennes en pesticides dans l'air (ng/m ³) et pourcentage de détection du composé sur la période							
		Cloropyrifos éthyl		Pendiméthaline		Oxadiazon		s-métolachlore	
		ng/m ³	%déteecté	ng/m ³	%déteecté	ng/m ³	%déteecté	ng/m ³	%déteecté
Tours la Bruyère	urbain	0,13	17	0,34	22	0,29	6	0,24	33
Orléans Faubourg Bannier	urbain	0,17	17	0,61	22	2,5	56	0,2	39
Saint-Martin d'Auxigny	Rural (dans un village) proche d'une arboriculture	0,33	61	0,13	6	0,26	6	0,22	28
Oysonville	Rural (dans un champ) à proximité de grandes cultures	0,15	12	0,64	35		0	0,20	29
Saint-Aignan	Rural (dans un village) proche d'une viticulture	0,17	17	0,15	11		0	0,25	28

Illustration 20 : concentrations de certains pesticides dans la Région Centre (Sources : données de Lig'air, 2011)

Le tableau, ci-dessous, rappelle les concentrations mesurées en Martinique pour ces mêmes composés.

Sites de mesure	Typologie	Concentrations moyennes en pesticides dans l'air (ng/m ³)			
		Cloropyrifos éthyl	Pendiméthaline	Oxadiazon	s-métolachlore
		ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³	ng/m ³
Fort-de-France, Bishop	urbain	0,13	0,05	0,20	
Lamentin, Bourg	urbain	0,05			
Macouba	Rural (sur une terrasse) proche d'une culture de banane				0,26
Rivière-Salée	Rural (dans un champ) à proximité de culture de canne à sucre				0,12

Illustration 21 : concentrations de certains pesticides en Martinique

Les concentrations de ces pesticides mesurées en Martinique sont du même ordre de grandeur, voire inférieures à celles mesurées sur la région Centre.

Notons, toutefois, que le prélèvement en Région Centre des produits phytosanitaires s'étalent sur 18 semaines consécutives, permettant une meilleure représentativité et donc une meilleur détection des phytosanitaires dans l'air.

4.4. Limites de l'étude

4.4.1. Un jeu de données limité

Cette étude donne un aperçu global de la contamination de l'air par les pesticides, mais le nombre de prélèvements est insuffisant pour caractériser avec précision les niveaux de ces polluants sur les différentes zones en Martinique.

En effet, en raison du coût élevé de la mise en œuvre des mesures, l'étude se limite à 4 prélèvements par typologie de sites ; si cela permet de dégager des tendances générales, il est difficile de vérifier la significativité de ces observations.

4.4.2. Une faible représentativité temporelle sur chacun des sites

Les niveaux de pesticides dans l'air ambiant sont largement dépendants des éléments extérieurs, notamment des conditions climatiques et des calendriers d'usage des substances. Ces facteurs peuvent évoluer amplement au cours de l'année et de manière spécifique sur chaque zone du territoire.

Les mesures pour chaque site ne couvrent que 2 semaines au total, correspondant à une part infime des conditions potentiellement rencontrées au cours d'une année. On obtient donc une information ponctuelle, caractéristique d'une courte période donnée.

Enfin, la présente étude ne permet pas d'appréhender l'évolution temporelle des concentrations en pesticides. Un suivi en continu sur chaque site permettrait de mettre en relation les détections de substances avec les usages et les conditions climatiques.

Conclusion

Cette étude, menée en Martinique de mars à août 2012 sur 6 sites agricoles et urbains, a mis en évidence la présence de 6 pesticides dans le compartiment atmosphérique. Au total, 3 herbicides, 2 insecticides et 1 fongicide ont été décelés à des concentrations de l'ordre du ng par m³ d'air. En milieu urbain, on observe à la fois des composés issus de l'activité agricole (dicofol et pendiméthaline) et des usages ménagers (oxadiazon et chlorpyrifos éthyl). En zone cultivée (banane et canne à sucre), on trouve des substances caractéristiques des usages agricoles (s-métolachlore et fenpropidine).

Par ailleurs, il paraît important que la présente étude soit complétée pour avoir un état des lieux plus représentatif et s'affranchir des conditions particulières qui ont pu influencer sur les résultats des mesures. Dans cette optique, un suivi régulier de plusieurs mois sur quelques sites ciblés permettrait d'observer l'évolution des concentrations en fonction des périodes de traitement et des conditions météorologiques. Dans le cas particulier de l'épandage aérien, un suivi sur 6 mois par exemple permettrait de multiplier les épisodes de traitements couverts par la mesure et de diminuer ainsi l'incertitude actuelle liée au faible nombre de mesures réalisées.

Il pourrait également être intéressant de réaliser une campagne de mesure des pesticides en air intérieur afin de cibler les usages ménagers, de traitements du bois et des bâtiments étant donné que la population passe en moyenne 70% du temps en intérieur.

Pour conclure, la présente étude permet de dégager quelques tendances concernant les pesticides dans l'air ambiant en Martinique mais nécessiterait d'être poursuivie afin d'affiner notre connaissance sur le sujet.

Bibliographie

- [1]. « Pesticides, agriculture et environnement », Rapport d'expertise réalisée par l'INRA et le Cemagref, 2005
- [2]. Site internet officiel de l'Observatoire des Résidus de Pesticides
- [3]. Rapport « étude phyto'air », étude de la contamination du compartiment atmosphérique en produits phytosanitaires de la région Nord-Pas de Calais, 2003-2005
- [4]. G. Bocquené, A. Franco, Pesticide contamination of the coastline of Martinique, 2005
- [5]. ATMO Auvergne, Les pesticides dans l'air en France et en Auvergne : état des lieux, 2006
- [6]. Aubertot, J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, and M. Voltz. 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux. Expertise scientifique collective INRA et Cemagref, rapport de synthèse
- [7]. Groupe Régional d'Action pour la Réduction des Pesticides (GRAP) de Poitou Charentes, <http://www.pesticides-poitou-charentes.fr/Pesticides-et-sante.html>
- [8]. Évaluation de l'exposition aérienne aux pesticides de la population générale, Étude en air extérieur dans quatre sites de l'Hérault, INVS 2006
- [9]. Ravier I., Haouisee E., Clement M., Seux R., Briand O., Field experiments for the evaluation of pesticide spray-drift on arable crops, Pest management Science, 61, pp 728-736, 2005.
- [10]. CORPEN, Groupe AIR'PHYT, Les produits phytosanitaires dans l'air : origine, surveillance et recommandations pratiques en agriculture, 2007
- [11]. Bildeman T., Walla M.D., Roura R., Carr E., Schmidt S., Organochlorine pesticides in the atmosphere of the Southern Ocean and Antarctica, Marine pollution Bulletin, 1993
- [12]. Scheyer A., Développement d'une méthode d'analyse par CPG/MS/MS de 27 pesticides identifiés dans les phases gazeuse, particulaire et liquide de l'atmosphère. Application à l'étude des variations spatio-temporelles des concentrations dans l'air et dans les eaux de pluie, Thèse de l'Université de Strasbourg, 2004
- [13]. Coignard F, Lorente C. Exposition aérienne aux pesticides des populations à proximité d'une zone agricole. INVS, 2005

Annexes

Annexe 1 : Efficacité de piégeage des pesticides

MOLECULES	Cste de Henry (Pa.m ³ /mol)	Piégeage sur préleveur bas volume
AZOXYSTROBINE	7.3 10 ⁻⁹	Non
BIFENTHRINE	1.0 E+02	Oui
CYPRODINIL	7.0 10 ⁻³	Oui
DICOFOL	2.4 10 ⁻⁷	Non
DIFENOCONAZOLE	8.9 10 ⁻⁷	Oui si C<10 ng/m ³
ETHOPROPHOS	1.61 10 ⁻²	Non
FENPROPIDINE	8.2 10 ⁻²	Non
FIPRONIL	3.8 10 ⁻⁵	Oui si C<10 ng/m ³
FLUZILAZOLE	2.7 10 ⁻⁹	Oui si C>qlq ng/m ³
IPRODIONE	7.0 E-06	Oui
LAMBDA CYHALOTHRINE	2 10 ⁻²	Oui
PENDIMETHALINE	2.72	Oui
PHOSALONE	8 10 ⁻⁴	Oui si C>qlq ng/m ³
PHOSMET	1 10 ⁻³	Oui si C>qlq ng/m ³
PYRIMICARBE	3.6 E-05	Oui si C>1 ng/m ³
SIMAZINE	NR	Non
TEBUTAME	NR	Oui
TERBUPHOS	2.7	Non

Annexe 2 : Limite de quantification et limite de détection pour chaque substance

Substance	Limite de détection (ng/échantillon)	Limite de quantification (ng/échantillon)
2,4-D	40	100
Acetamipride	40	100
A-endosulfan *	40	100
Alachlor	8	20
Aldicarb	40	100
Alpha HCH*	8	20
Atrazine	8	20
Atrazine desethyl	8	20
Azinphos Ethyl	8	20
Azinphos Methyl	40	20
Azoxystrobine	8	20
B-endosulfan	40	100
Benomyl	200	100
Beta HCH *	8	20
Bifenthrine	8	20
Bitertanol	8	20
Bromacil	8	20
Bromopropylate	8	20
Carbendazime	8	20
Chlordecone	200	500
Chlorothalonil	8	20
Chlorpyrifos ethyl *	8	20
Cypermethrine	40	250
Cyprodinil	8	20
Deltamethrine	80	250
Diazinon *	8	20
Dichlorovos	8	20
Dicofol	8	20
Difenoconazole	8	20
Diuron	8	20
Ethoprophos *	8	20
Fenpropridine	8	20
Fenpropimorphe	8	20
Fipronil	80	200
Fluzilazole	8	20
Folpel	40	100
Gamma HCH *	8	20
Hexythiazox	8	20
Iprodione	80	200
L-cyhalothrin	8	20
Malathion *	8	20
Methidathion *	8	20

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Methomyl	8	20
Métolachlore	8	20
Oryzalin	40	100
Oxadiazon	8	20
Pendimethaline	8	20
Phosalone	8	20
Phosmet	8	20
Phoxim	8	20
Propiconazole	8	20
Pyrimicarb	8	20
Simazine	8	20
Tebutam	8	20
Terbufos	8	20
Terbutylazine	8	20
Thiabendazole	8	20
Thiram	8	20
Triclopyr	80	200
Trifluraline	8	20

Annexe 3 : Résultats détaillées des mesures effectuées

Concentrations en pesticides sur le site urbain de Bishop

Référence externe	Cartouche 1.1	Cartouche 1.2	Cartouche 1.3	Cartouche - 1.4	Cartouche 1.5	Cartouche 1.B - Blanc
Référence interne	RVHD001	RVHD002	RVHD003	RVHD009	RVHE001	RVHE002
Composés	Concentration en ng/éch					
2,4-D	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan*	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
Beta HCH*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate						
Carbendazime	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl*	25	20	<20	<8	<8	<8
Cypermethrine	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
Cyprodinil	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Deltamethrine	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200	< 200
Diazinon*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Dicofol	<8	<8	770	<8	<8	<8
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Fenpropridine	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40	<40	<40	<40	<40	<40
Gamma HCH*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Iprodione	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80
L-cyhalothrin	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Malathion*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Methidathion*	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Métolachlore						
Oryzalin	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8	33	<8	<8
Pendimethaline	<20	<8	<8	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8	<8	<8	<8
terbufos	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Terbuthylazine	<8	<8	<8	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8	<8	<8	<8

METEO						
précipitations (mm)	1.4	13.2	0	14.8	41.6	
vent moyen (km/h)	20	15-20	15-20	20	15	
temp moyenne (°C)	28.1	28.8	27.9	27.2	27.5	

% recov Prélèvement	97	84	99	99	92	90
% recov extraction	120	95	100	93	101	86

Concentrations en pesticides sur le site urbain du Lamentin

Référence externe	Cartouche 2.1	Cartouche 2,2	Cartouche 2.B
Référence interne	RVHE009	RVHF001	RVHE008
Composés	Concentration en ng/éch		
2,4-D	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan*	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<8	<8	<8
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200
Beta HCH*	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate		<8	
Carbendazime	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl*	<20	<8	<8
Cypermethrine	< 200	< 200	< 200
Cyprodinil	<8		<8
Deltamethrine	< 200	< 200	< 200
Diazinon*	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8
Dicofol	50	<8	<8
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos*	<8	<8	<8
Fenpropridine	< 8	< 8	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40		<40
Gamma HCH*	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8
Iprodione	< 80	< 80	< 80
L-cyhalothrin	<8	<8	<8

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Malathion*	<8	<8	<8
Methidathion*	<8	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8
Oryzalin	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8
Pendimethaline	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8
Terbufos	<8		<8
Terbuthylazine	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8
Métolachlore			

METEO			
précipitations (mm)	19.1	12	
vent moyen (km/h)	20	15	
température moyenne (°C)	27	26.9	

% recov Prélèvement	90	103	82
% recov extraction	86	99	111

Concentrations en pesticides sur le site agricole soumis à l'épandage du Gros-Morne

Référence externe	Cartouche 3.1	Cartouche 3.2	Cartouche 3.B
Référence interne	RVHE006	RVIE008	RVHE010
Composés	Concentration en ng/éch		
2,4-D	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan*	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<8	<8	<8
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200
Beta HCH*	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate			
Carbendazime	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl*	<8	<8	<8
Cypermethrine	< 200	< 200	< 200
Cyprodinil	<8	<8	<8
Deltamethrine	< 200	< 200	< 200
Diazinon*	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8
Dicofol	<8	<8	<8
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos*	<8	<8	<8
Fenpropidine	< 8	< 8	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40	<40	<40
Gamma HCH*	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8
Iprodione	< 80	< 80	< 80

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

L-cyhalothrin	<8	<8	<8
Malathion*	<8	<8	<8
Methidathion*	<8	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8
metolachlore		<8	
Oryzalin	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8
Pendimethaline	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8
Terbufos	<8	<8	<8
Terbuthylazine	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8

METEO			
précipitations (mm)	291.3	458	
vent moyen (km/h)	15	18.9	
Température moyenne (°C)	24.2	24.7	

% recov Prélèvement	92	88	82
% recov extraction	85	98	97

Concentrations en pesticides sur le site agricole soumis à l'épandage du Macouba

Référence externe	Cartouche 4.1	Cartouche 4.2	Cartouche 4.B
Référence interne	RVHG005	RVHG006	RVHG001
Composé	Concentration (ng/échantillon)		
2,4-D	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan*	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<8	<8	<40
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200
Beta HCH*	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate	<8	<8	<8
Carbendazime	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl*	<8	<8	<8
Cypermethrine	<80	<80	<40
Cyprodinil	<8	<8	<8
Deltamethrine	<80	<80	<80
Diazinon*	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8
Dicofol	<8	<8	<8
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos*	<8	<8	<8
Fenpropidine	< 8	50	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40	<40	<40
Gamma HCH*	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8
Iprodione	< 80	< 80	< 80

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

L-cyhalothrin	<40	<40	<8
Malathion*	<8	<8	<8
Methidathion*	<8	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8
metolachlore	43	<8	
Oryzalin	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8
Pendimethaline	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8
terbufos	<8	<8	
Terbutylazine	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8

METEO			
Précipitations (mm)	29.6	29.6	
Vent moyen (km/h)	non relevé	non relevé	
Température moyenne (°C)	25.4	25.6	

% recov Prélèvement	92	99	102
% recov extraction	95	108	107

**Concentrations en pesticides sur le site agricole non soumis à l'épandage du
Rivière-Salée**

Référence externe	Cartouche 5.1	Cartouche 5.2	Cartouche 5 B
Référence interne	RVHH006	RVHI001	RVHH007
Composés	Concentration en ng/éch		
2,4-D	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan*	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<8	<8	<8
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200
Beta HCH	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate	<8	<8	<8
Carbendazime	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl*	<8	<8	<8
Cypermethrine	<80	<80	<80
Cyprodinil	<8	<8	<8
Deltamethrine	<80	<80	<80
Diazinon*	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8
Dicofol	<8	<8	<8
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos*	<8	<8	<8
Fenpropidine	< 8	< 8	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40	<40	<40
Gamma HCH*	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8
Iprodione	< 80	< 80	< 80

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

L-cyhalothrin	<40	<40	<40
Malathion*	<8	<8	<8
Methidathion*	<8	<8	<8
Métholachlore	<20	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8
Oryzalin	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8
Pendimethaline	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8
Terbufos	<8	<8	<8
Terbutylazine	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8

METEO			
précipitations (mm)	219.4	59.8	
vent moyen (km/h)	non relevé	non relevé	
température moyenne (°C)	24.2	25.2	

% recov Prélèvement	103	84	98
% recov extraction	100	83	99

Concentrations en pesticides sur le site agricole non soumis à l'épandage du Sainte-Anne

Référence externe	Cartouche - 6 1	Cartouche - 6 2	Cartouche - 6 B
Référence interne	RVHF005	RVHF007	RVHF006
Nature	Air ambiant		
Composé	Concentration (ng/échantillon)		
2,4-D	< 40	< 40	< 40
Acetamipride	< 40	< 40	< 40
A-endosulfan *	<40	<40	<40
Alachlor	<8	<8	<8
Aldicarb	< 40	< 40	< 40
Alpha HCH*	<8	<8	<8
Atrazine	<8	<8	<8
Atrazine desethyl	< 8	< 8	< 8
Azinphos Ethyl	<8	<8	<8
Azinphos Methyl	<40	<40	<40
Azoxystrobine	< 8	< 8	< 8
B-endosulfan	<40	<40	<40
Benomyl	< 200	< 200	< 200
Beta HCH *	<8	<8	<8
Bifenthrine	<8	<8	<8
Bitertanol	<8	<8	<8
Bromacil	< 8	< 8	< 8
Bromopropylate	<8	<8	<8
Carbendazime	< 8	< 8	< 8
Chlordecone	< 200	< 200	< 200
Chlorothalonil	<8	<8	<8
Chlorpyrifos ethyl *	<8	<8	<8
Cypermethrine	<40	<40	<40
Cyprodinil	<8	<8	<8
Deltamethrine	<80	<80	<80
Diazinon *	<8	<8	<8
Dichlorovos	<8	<8	<8
Dicofol	<8	<8	<20
Difenoconazole	< 8	< 8	< 8
Diuron	< 8	< 8	< 8
Ethoprophos *	<8	<8	<8
Fenpropidine	< 8	< 8	< 8
Fenpropimorphe	<8	<8	<8
Fipronil	< 80	< 80	< 80
Fluzilazole	< 8	< 8	< 8
Folpel	<40	<40	<40
Gamma HCH *	<8	<8	<8
Hexythiazox	< 8	< 8	< 8

EVALUATION DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS L'AIR EN MARTINIQUE

Iprodione	< 80	< 80	< 80
L-cyhalothrin	<8	<8	<8
Malathion *	<8	<8	<8
Methidathion *	<8	<8	<8
Methomyl	< 8	< 8	< 8
Oryzalin	< 40	< 40	< 40
Oxadiazon	<8	<8	<8
Pendimethaline	<8	<8	<8
Phosalone	< 8	< 8	< 8
Phosmet	< 8	< 8	< 8
Phoxim	< 8	< 8	< 8
Propiconazole	< 8	< 8	< 8
Pyrimicarb	< 8	< 8	< 8
Simazine	<8	<8	<8
Tebutam	<8	<8	<8
Terbufos			
Terbutylazine	<8	<8	<8
Thiabendazole	< 8	< 8	< 8
Thiram	< 8	< 8	< 8
Triclopyr	< 80	< 80	< 80
Trifluraline	<8	<8	<8
Métolachlore			

METEO			
précipitation (mm)	5	8.2	
vent moyen (km/h)	15	15	
température moyenne (°C)	27.6	25.4	

% recov Prélèvement	100	98	99
% recov extraction	107	100	103