

SANTÉ
ENVIRONNEMENT

OCTOBRE 2018

ÉTUDES ET ENQUÊTES

**IMPRÉGNATION DE LA POPULATION
ANTILLAISE PAR LA CHLORDÉCONE
ET CERTAINS COMPOSÉS
ORGANOCHLORÉS EN 2013/2014**

Étude Kannari

En partenariat avec :

Résumé

Étude Kannari

Imprégnation de la population antillaise par la chlordécone et certains composés organochlorés en 2013/2014

L'étude Kannari : santé, nutrition et exposition à la chlordécone aux Antilles, comporte un volet « imprégnation » dont les objectifs sont de décrire l'imprégnation de la population antillaise par la chlordécone et d'autres composés organochlorés (PCB, HCH, HCB, DDT, DDE) et de quantifier les déterminants des niveaux d'imprégnation par la chlordécone.

Les résultats de l'étude Kannari montrent que l'imprégnation biologique par la chlordécone généralisée et contrastée chez les participants de l'étude. Les niveaux d'imprégnation mesurés semblent montrer une diminution du bruit de fond de l'exposition au cours des dix dernières années, mais des sous-groupes de population restent très exposés : cinq pour cent des participants ont des niveaux d'imprégnation au moins dix fois plus élevés que la concentration moyenne. Les niveaux d'imprégnation de la population sont comparables entre les deux îles. Ils sont notamment déterminés par l'exposition alimentaire mais aussi par le lieu de résidence. Ces résultats sont en grande partie concordants avec les travaux de l'Anses. En particulier, la consommation de poissons frais en provenance de circuits informels est associée à une imprégnation plus élevée (l'influence des espèces de poissons n'a pas pu être étudiée en raison des effectifs disponibles). Par ailleurs, le fait de résider dans des zones contaminées par la chlordécone est associé à des imprégnations plus élevées. En revanche, la consommation de racines et tubercules n'est pas associée à une augmentation de l'imprégnation. Il est à noter qu'en l'absence de valeur d'imprégnation critique établie, il n'est pas possible d'estimer un risque sanitaire sur la base de ces données d'imprégnation.

Les résultats de l'étude Kannari permettent de décrire pour la première fois, l'imprégnation de la population générale guadeloupéenne et martiniquaise par la chlordécone et certains composés organochlorés. Ces résultats viennent compléter les résultats des autres volets de l'étude Kannari qui présentent les données de santé de la population antillaise, les habitudes alimentaires et leurs évolutions ainsi que les données d'exposition alimentaire à la chlordécone avec identification des principaux contributeurs.

MOTS CLÉS : BIOSURVEILLANCE, ANTILLES, ENVIRONNEMENT, EXPOSITION, CHLORDECONE, PCB, COMPOSÉS ORGANOCHLORÉS, DDT, HCH, HCB

Citation suggérée : Dereumeaux C, Saoudi A. S *Imprégnation de la population antillaise par la chlordécone et certains composés organochlorés en 2013/2014*. Étude Kannari ; Saint-Maurice : Santé publique France, 2018. 86 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISBN-NET : 979-10-289-0476-0 - RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE — DÉPÔT LÉGAL : OCTOBRE 2018

Abstract

The Kannari study

Exposure of the West Indies population to chlordecone and certain organochlorine compounds in 2013/2014

The Kannari study: health, nutrition and exposure to chlordecone in the West Indies, includes an impregnation component whose objectives are to describe the impregnation of the West Indian population with chlordecone and other organochlorine compounds (PCB, HCH, HCB, DDT, DDE) and to quantify the determinants of impregnation levels by chlordecone.

The results of the Kannari study show that biological impregnation by generalized and contrasted chlordecone within the adult West Indian population. Measured levels of impregnation seem to reveal a decreasing background exposure over the last 10 years, but subgroups of the population remain highly exposed: five percent of participants have impregnation levels ten times higher than the average concentration. The levels of impregnation of the population are comparable between the two islands. They are determined in particular by the dietary exposure, but also by the place of residence. These results are largely consistent with the work of ANSES. In particular, the consumption of fresh fish from informal channels is particularly associated with higher impregnation (the influence of fish species could not be studied due to their limited number). In addition, the fact of living in areas chlordecone-contaminated area is associated with higher impregnation levels. On the other hand, the consumption of roots and tubers is not associated with an increase in impregnation. It should be noted that in the absence of an established critical impregnation value, it is not possible to estimate a health risk on the basis of these impregnation data.

The results of the Kannari study have made it possible to describe, for the first time, the impregnation of the general Guadeloupean and Martinican population with chlordecone and certain organochlorine compounds. These results complement the results of the other parts of the Kannari study which present health data of the West Indies population, their dietary habits and their evolution as well as data on dietary exposure to chlordecone with identification of the main contributors.

KEY WORDS: BIOSURVEILLANCE, WEST INDIES, ENVIRONMENT, EXPOSURE, CHLORDECONE, PCB, ORGANOCHLORINATED COMPOUNDS, DDT, HCH, HCB

Rédaction du rapport

- Clémentine Dereumeaux, direction santé environnement, Santé publique France
- Abdessattar Saoudi, direction appui, traitements et analyses de données, Santé publique France

Relecture

- Clémence Fillol, Alain Le Tertre, Sébastien Denys, direction santé environnement, Santé publique France
- Martine Ledrans, Anne Gallay, direction des régions, Santé publique France
- Cyril Feidt, École nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires - Université de Lorraine

Réalisation du volet « imprégnation » de l'étude Kannari - Équipe projet Santé publique France

- Coordination : Clémentine Dereumeaux, Laurence Guldner
- Analyses statistiques : Abdessattar Saoudi
- Data management : Bénédicte Berat, Julie Chesneau
- Métrologie : Marie Pecheux
- Appui méthodologique : Alain Le Tertre
- Action juridiques, administratives et financières : Karine de Proft

Ont également participé à ce rapport

L'ensemble des membres de l'équipe opérationnelle de l'étude Kannari :

- Santé publique France, direction des maladies non transmissibles et traumatismes : Katia Castetbon, Benoît Salanave
- Santé publique France, direction des régions, Cire Antilles-Guyane : Alain Blateau, Fatim Bathily, Sylvie Cassadou, Marion Petit-Sinturel, Jacques Rosine, Claudine Suivant
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) : Virginie Desvigne, Marie Frochen, Mathilde Merlo, Josselin Rety, Maëlle Robert, Jean-Luc Volatier
- Observatoire régional de santé de Guadeloupe (ORSaG) : Vanessa Cornely, Cécile Yacou, Sophie Pitot
- Observatoire régional de santé de Martinique (OSM) : Manon Colard, Sylvie Merle, Isabelle Padra, Julie Pluton, Natacha Neller

Le Laboratoire d'écologie animale et d'écotoxicologue de l'Université de Liège :

- Jean-Pierre Thomé

L'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) :

- Aurore Fleuret, Nicolas Prud'homme, Jérémie Torterat

L'Agence régionale de santé de Martinique :

- Éric Godard

Commanditaires de l'étude

Les ministères chargés de la santé et de l'outre-mer, les Agences régionales de santé de Guadeloupe et de Martinique et le Conseil régional de Martinique

Remerciements

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de cette étude au sein de Santé publique France ainsi qu'aux membres de l'équipe opérationnelle de l'étude Kannari.

Nous remercions les enquêteurs de l'étude Kannari ainsi que l'ensemble des participants sans qui elle n'aurait pu voir le jour.

Abréviations

%>LOQ	Pourcentage de quantification
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BRGM	Bureau de recherche géologique et minière
CeRBIM	Centre de ressources biologiques de la Martinique
DAAP	Directions de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
DDT	Dichlorodiphényltrichloroéthane
DGS	Direction générale de la santé
ENNS	Étude nationale nutrition santé
IDE	Infirmier diplômé d'état
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
IPG	Institut Pasteur de Guadeloupe
Lip.	Lipides
LEAE	Laboratoire d'écologie animale et d'écotoxicologie de l'Université de Liège
LOD	Limite de détection
LOQ	Limite de quantification
Med	Médiane
MG	Moyenne géométrique
NADPH	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
OMS	Organisation mondiale de la santé
PCB	Polychlorobiphényles
PNNS	Plan national nutrition santé
POP	Polluant organique persistant
QC	Contrôle qualité
HCH	Hexacyclohexane
HCB	Hexachlorobenzène

Glossaire

Analyse multivariée	Étude statistique des relations pouvant exister entre plusieurs variables.
Aliquotage	Séparation de liquide ou solution dans différents contenants.
Biomarqueur	Caractéristique mesurable objectivement (enzyme, hormone, métabolite, etc.) dont la présence ou la concentration anormale dans le sang ou les urines peut signaler un événement ou un statut physiologique particulier.
Biothèque	Également appelée biobanque. Unité assurant la transformation, la conservation, la distribution et la cession de tissus et/ou de liquides biologiques d'origine humaine.
Échantillon biologique	Matériaux biologiques recueillis à partir de patients humains, notamment le sang et ses composants, les urines, les cheveux, etc., à des fins de recherche, de diagnostic, d'enquête, de traitement ou de prévention.
Échantillon de sujets	Individus de la population sur laquelle les mesures de biomarqueurs ont été réalisées.
Numéro CAS	Numéro d'enregistrement unique d'une substance chimique auprès de la banque de données de Chemical Abstracts Service (CAS).
Population cible	Population qui a motivé au départ l'organisation de l'étude, à laquelle on souhaiterait <i>a priori</i> étendre les résultats. Il s'agit dans l'étude Kannari de la population générale de Guadeloupe et Martinique.
Population source	Population d'où est extrait un sous-échantillon de sujets lors de la réalisation d'une étude par sondage.
Seuil critique	En biosurveillance, un seuil critique correspond à la concentration en biomarqueur en dessous de laquelle, selon les connaissances actuelles, il n'y a pas de risque d'effets défavorables sur la santé.
Variable quantitative	Variable qui peut supposer, en théorie, un nombre infini de valeurs réelles formant un ensemble continu. Par exemple, l'âge, le poids, etc.
Variable qualitative	Également appelée variable catégorielle. Variable où chaque réponse peut être classée dans une catégorie particulière. Ces catégories doivent être mutuellement exclusives (chaque réponse fait partie d'une seule catégorie) et exhaustives (chaque catégorie tient compte de toutes les réponses possibles). Il n'y a pas d'échelle de valeurs.

Sommaire

Abréviations	6
Glossaire	7
1. Présentation de l'étude	9
2. Matériel et méthodes	11
2.1 Recrutement de la population d'étude.....	11
2.2 Première phase d'enquête	11
2.3 Recueil des données et des prélèvements biologiques	11
2.4 Traitement des échantillons biologiques et mise en bibliothèque	12
2.5 Dosage de la chlordécone et des composés organochlorés	12
2.6 Construction des indicateurs d'exposition à la chlordécone	13
2.6.1 Consommations alimentaires	13
2.6.2 Lieu de résidence.....	14
2.7 Analyses statistiques.....	14
2.7.1 Plan du sondage et calcul des pondérations	14
2.7.2 Traitement des données censurées et manquantes	15
2.7.3 Description des niveaux d'imprégnation	15
2.7.4 Recherche des déterminants des niveaux d'imprégnation	16
2.7.5 Logiciels utilisés	17
3. Population d'étude	18
3.1 Bilan des inclusions.....	18
3.2 Description de la population d'étude	19
3.2.1 Guadeloupe	19
3.2.2 Martinique.....	22
4. Imprégnation de la population antillaise par la chlordécone	26
4.1 Généralités sur la chlordécone.....	26
4.1.1 Utilisations et réglementations.....	26
4.1.2 Devenir dans l'organisme.....	26
4.1.3 Interprétation des mesures d'imprégnation.....	27
4.2 Niveaux d'imprégnation et déterminants	27
4.2.1 Résultats en Guadeloupe.....	27
4.2.2 Résultats en Martinique.....	31
4.3 Discussion.....	35
4.3.1 Comparaison des niveaux d'imprégnation par la chlordécone en Martinique et Guadeloupe.....	35
4.3.2 Comparaison avec les études antérieures.....	35
4.3.3 Facteurs influençant les niveaux d'imprégnation	38
5. Imprégnation de la population antillaise par certains composés organochlorés	40
5.1 Généralités sur les polluants choisis	40
5.1.1 Utilisations et réglementations.....	40
5.1.2 Devenir dans l'organisme.....	42
5.1.3 Interprétation des mesures d'imprégnation.....	43
5.2 Niveaux d'imprégnation.....	43
5.2.1 Résultats pour la Guadeloupe.....	43
5.2.2 Résultats en Martinique.....	55
5.3 Discussion.....	68
5.3.1 Valeurs élevées	68
5.3.2 Comparaison des résultats en Martinique et Guadeloupe	68
5.3.3 Comparaison avec les études antérieures.....	68
6. Conclusion	71
Références bibliographiques	73
Annexe 1. Construction des variables de contamination terrestre et maritime par la chlordécone	75
Annexe 2. Pondération du volet « imprégnation » de l'étude Kannari	80
Annexe 3. Influence des modes d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation.....	85

1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

Les activités agricoles en régions tropicales, en particulier les cultures bananières, sont connues pour leur recours important à l'usage des pesticides anti-parasitaires. Depuis 1950, le développement de la culture bananière aux Antilles a entraîné une utilisation importante de pesticides organochlorés, le DDT et la chlordécone en particulier.

L'usage de la chlordécone aux Antilles, et dans une moindre mesure celui d'autres pesticides organochlorés, a entraîné une pollution de l'environnement. La persistance de la chlordécone et des autres pesticides organochlorés dans les sols consacrés à la culture de la banane, leur présence dans les eaux de rivières et les sédiments, la contamination de certaines espèces de la faune sauvage et de la chaîne alimentaire maintiennent un risque d'exposition de la population. Dès la fin des années 90, les dangers connus ou suspectés de la chlordécone sur différents organes et systèmes (foie, rein, système nerveux, système reproducteur) ont conduit à prendre des mesures de gestion et à mettre en place les études nécessaires pour évaluer l'exposition des populations antillaises à la chlordécone et son impact sur la santé.

L'évaluation du risque lié à la présence de chlordécone dans les aliments s'appuie actuellement sur la connaissance des habitudes alimentaires décrites par les enquêtes Escal et Calbas réalisées respectivement en 2003-2004 et 2005, et sur l'estimation des niveaux de contamination des aliments obtenues grâce aux enquêtes Reso Martinique et Guadeloupe réalisées entre 2005 et 2007. Les résultats de ces travaux ont permis de formuler des préconisations en termes d'auto-consommation, susceptibles d'avoir conduit à un changement d'habitudes alimentaires au sein de la population générale antillaise. L'imprégnation biologique par la chlordécone dans le sang a été étudiée dans des sous-groupes de populations en Guadeloupe (chez des hommes travailleurs agricoles ou non, des femmes enceintes et leurs nouveau-nés). Des recommandations ont été formulées pour que cette imprégnation soit également étudiée en population générale antillaise, en particulier en Martinique.

C'est pour répondre à ces différentes préoccupations qu'en 2009, le conseil scientifique créé dans le cadre du premier plan chlordécone a recommandé : 1) d'actualiser les connaissances sur l'exposition alimentaire et de les développer en direction de populations à risque tels que les pêcheurs et les enfants, 2) de réaliser des études répétées d'imprégnation par la chlordécone et d'autres produits phytosanitaires de la population antillaise, en population générale et auprès de populations susceptibles d'être particulièrement exposées / sensibles à la chlordécone [1]. Puis, dans le cadre du plan chlordécone II, l'Anses et l'InVS (Santé publique France depuis le 1^{er} mai 2016) ont proposé la réalisation d'une étude populationnelle de consommation alimentaire et d'imprégnation par la chlordécone aux Antilles. Cette étude, nommée « Kannari », comporte quatre volets : santé, nutrition, exposition et imprégnation qui visent à répondre aux objectifs généraux suivants :

- Acquérir des données sur les habitudes alimentaires (consommation, approvisionnement) de la population antillaise et de sous-groupes de population sensibles au regard du risque d'exposition alimentaire à la chlordécone, à savoir : les jeunes enfants (3-6 ans), les auto-consommateurs des produits de jardin et les auto-consommateurs de produits de la pêche ;
- Acquérir des données de consommation alimentaire exploitables pour l'évaluation des risques sanitaires autres que chlordécone ;
- Évaluer l'exposition alimentaire à la chlordécone et, si possible, aux autres résidus de pesticides en population générale et auprès de sous-groupes identifiés comme sensibles ou à risque d'exposition ;

- Identifier les déterminants alimentaires de l'exposition à la chlordécone et autres résidus de pesticides ;
- Décrire les apports alimentaires et nutritionnels de la population antillaise, de façon globale, par sous-groupes d'intérêt (caractéristiques sociodémographiques, économiques, état de santé, etc.) et en fonction des recommandations actuelles (PNNS, Plan obésité) ;
- Décrire les évolutions des comportements alimentaires de la population antillaise ;
- Évaluer l'état de santé de la population concernant certaines pathologies (diabète, hypertension, surpoids et obésité notamment) et suivre son évolution depuis les enquêtes Escal et Calbas ;
- Décrire l'imprégnation par la chlordécone dans le sang des populations adultes martiniquaise et guadeloupéenne et par d'autres pesticides organochlorés, tels que le DDT, le HCH et le HCB qui ont pu également être utilisés aux Antilles pour leur activité antiparasitaire.

Le plan chlordécone III (2014-2016) a prescrit la poursuite de cette étude en vue de procéder à une réévaluation des risques et des niveaux d'exposition.

Le présent document concerne le volet « imprégnation » de l'étude Kannari. Ce volet est une enquête transversale à visée représentative dont l'objectif est d'évaluer, *via* une approche dite de biosurveillance, l'exposition à la chlordécone de la population générale résidant en Guadeloupe et Martinique. La biosurveillance permet de décrire la présence dans l'organisme humain des substances chimiques de l'environnement, à l'aide de dosages réalisés dans des prélèvements biologiques : sang, urines, cheveux, etc. Cette méthode présente l'avantage d'intégrer toutes les sources d'exposition, quels que soient les voies d'entrée dans le corps humain (ingestion, inhalation, peau) et les lieux d'exposition (domicile, lieu de travail, etc.) [2].

Les objectifs du volet « imprégnation » de l'étude Kannari sont :

- De décrire les niveaux d'imprégnation de la population antillaise par la chlordécone, mesurés à partir de prélèvements sanguins. Dans ce cadre, à des fins d'illustration et de discussion, les variations temporelles ont été examinées par comparaison avec les données d'imprégnation antérieures ;
- De rechercher et de quantifier, les déterminants des niveaux d'imprégnation par la chlordécone, en particulier les sources d'exposition d'origine alimentaire ;
- De décrire les niveaux d'imprégnation de la population antillaise par certains composés organochlorés : les polychlorobiphényles (PCB) dits traceurs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180), les isomères α , β , et γ du HCH, HCB, ainsi que les pp'DDE et pp'DDT.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Recrutement de la population d'étude

La population cible de l'étude Kannari est l'ensemble de la population générale résidant en Martinique et en Guadeloupe au moment de l'enquête, âgée de 3 ans et plus. Pour le volet « imprégnation », seules les personnes âgées de 18 ans et plus ont été incluses.

Les personnes éligibles pour le volet « imprégnation » de l'étude Kannari devaient résider aux Antilles françaises depuis au moins six mois, être présentes dans les trois mois suivant le premier contact, avoir plus de 18 ans et être aptes à répondre à l'enquête. La participation au volet « imprégnation » n'était pas obligatoire, c'est-à-dire que les adultes participants à l'étude Kannari n'acceptaient pas nécessairement d'être inclus dans ce volet.

Le tirage des foyers à enquêter a été réalisé d'après la liste des logements établie lors du recensement de l'Insee de 2012, sachant que les logements comprenant une personne vivant de la pêche étaient systématiquement enquêtés (cf. plan d'échantillonnage décrit en §2.6.1).

2.2 Première phase d'enquête

Les foyers éligibles pour participer à l'enquête ont été tirés au sort. Des enquêteurs se sont ensuite rendus aux domiciles tirés au sort afin de présenter l'étude Kannari aux membres du foyer. Un premier questionnaire était posé à la personne référente du foyer afin notamment de sélectionner par tirage au sort l'adulte et éventuellement l'enfant devant être inclus dans l'enquête parmi les membres éligibles du foyer. Une fois l'accord de participation obtenu, d'autres questionnaires en face à face étaient adressés aux sujets afin de recueillir des données sur leur état de santé, leurs consommations alimentaires (fréquences de consommation et approvisionnement), leurs modes de vie (consommation de tabac, activités physiques, etc.) et les caractéristiques sociodémographiques du foyer. Les personnes étaient pesées, leur taille, leur tour de hanche et leur tension artérielle étaient mesurés. En fin d'entretien, le volet « imprégnation » était présenté aux participants adultes (≥ 18 ans) et il leur était demandé s'ils acceptaient d'y participer. Un consentement spécifique était recueilli pour ce volet et le cas échéant, un flacon d'urine pour le prélèvement ultérieur était laissé au sujet.

Cette première phase d'enquête a débuté le 16 septembre 2013 dans les deux départements ; elle s'est terminée le 20 décembre 2013 en Guadeloupe et le 31 janvier 2014 en Martinique.

2.3 Recueil des données et des prélèvements biologiques

Une fois l'accord de participation obtenu lors d'un premier entretien à domicile, les individus ayant accepté de participer au volet « imprégnation » de l'enquête Kannari pouvaient choisir de réaliser les prélèvements biologiques soit dans un laboratoire d'analyse de ville soit à domicile par un infirmier diplômé d'État (IDE). Les prélèvements biologiques ont tous été réalisés entre novembre 2013 et fin juin 2014.

Un prélèvement de sang était réalisé pour le dosage de la chlordécone et des autres composés organochlorés. A cette occasion des prélèvements d'urines et de cheveux étaient également réalisés pour d'éventuels dosages ultérieurs d'autres contaminants environnementaux.

Le prélèvement sanguin a été réalisé avec un système de prélèvement de type BD Vacutainer® dans 14 tubes secs de 5 mL (norme CE), contenant uniquement un activateur de coagulation afin d'éviter tout risque d'interaction ou d'interférence avec les biomarqueurs

dosés. Un volume de 70 mL était souhaité. Les tubes étaient stockés au réfrigérateur à + 4°C et dans l'obscurité en attendant leur traitement.

Parallèlement, un questionnaire pré-prélèvement était rempli par le participant afin de renseigner des éléments relatifs aux expositions récentes (consommation alimentaires, consommation de tabac, de médicaments, etc.) et aux antécédents médicaux (maladies rénales, déminéralisation osseuse, etc.) pouvant avoir un impact sur les résultats de dosage.

2.4 Traitement des échantillons biologiques et mise en biothèque

L'extraction du sérum après centrifugation (2000 tour/min pendant 20 min ou 2X10 min à 15°C) était réalisée en laboratoire de ville dans un délai maximum de 4 heures après la réalisation du prélèvement. Les échantillons de sérum étaient ensuite conservés à + 4°C et à l'abri de la lumière en attendant leur transport vers l'Institut Pasteur Guadeloupe (IPG) ou au CHU de Martinique (CeRBIM) où ils étaient aliquotés et congelés. Le transport des échantillons vers l'IPG ou le CeRBIM était réalisé dans un délai maximum de 24 heures entre la réalisation des prélèvements et la réception. Le transport était assuré par Trans Lab Express.

La biothèque était assurée par le CeRBIM qui regroupait les échantillons de Martinique et de Guadeloupe afin de les stocker congelés à - 80°C. Les échantillons prélevés en Guadeloupe étaient préalablement aliquotés par l'IPG puis transportés, congelés à -20°C, vers le CeRBIM pour leur mise en biothèque. A la réception des échantillons, le CeRBIM vérifiait la qualité des échantillons et leur conformité selon son propre système de management de la qualité.

Les échantillons de sérum disponibles pour la réalisation du dosage de chlordécone ont été transportés congelés entre - 80°C et - 60°C, depuis la biothèque de Martinique vers le laboratoire de dosage situé en Belgique, dans un délai maximal de 96 heures.

2.5 Dosage de la chlordécone et des composés organochlorés

Le dosage de la chlordécone et des autres composés organochlorés a été réalisé par le Laboratoire d'écologie animale et d'écotoxicologie de l'Université de Liège (LEAE), situé en Belgique. Le laboratoire utilise une méthode d'analyse par chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (GC-ECD) qui nécessite un volume minimal de 3 mL de sérum. Lorsque les concentrations sont suffisamment élevées, une analyse en chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse en tandem (GC-MS/MS) est réalisée afin de confirmer les concentrations mesurées.

Une courbe de calibration portant sur six points a été réalisée à chaque série d'analyses (20 échantillons). Des analyses d'un « blanc procédure » (solvants seuls), d'un « blanc matrice » et de contrôles qualité (QC) ont été réalisées tous les 10 échantillons. Le « blanc matrice » utilisé par le laboratoire est du sérum humain (Human serum from human male AB plasma, USA origine, sterile-filtered ; H4522-100ml). Le laboratoire utilise ce même sérum enrichi en tant que matériel de référence (selon les procédures décrites dans JOC L221/8 (2002) et SANCO/12495/2011 (2012)).

Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) sont respectivement de 0,02 µg.L⁻¹ et 0,06 µg.L⁻¹ pour l'ensemble des substances dosées, à l'exception du PCB 28 (LOQ = 3,2 µg.L⁻¹) et du PCB 52 (LOQ = 3,7 µg.L⁻¹). Les coefficients de répétabilité et de justesse des dosages ont été calculés à trois niveaux de concentration : faible (0,05 µg.L⁻¹ de sérum), moyen (2,5 µg.L⁻¹ de sérum) et élevé (10 µg.L⁻¹ de sérum) (cf. tableau 1).

Les dosages biologiques ont été réalisés entre octobre 2014 et juin 2015. Les résultats de dosage transmis par le laboratoire ont ensuite été validés métrologiquement par Santé publique France afin de garantir la qualité scientifique des données produites.

I TABLEAU 1 I

Répétabilité et justesse des résultats de dosages biologiques

Substances	Répétabilité (%)			Justesse (%)		
	Niveau bas	Niveau moyen	Niveau élevé	Niveau bas	Niveau moyen	Niveau élevé
Chlordécone	3,3 %	3,2 %	2,9 %	100 % ± 4	98 % ± 4	104 % ± 6
α-HCH	5,7 %	11 %	8,1 %	106 % ± 14	110 % ± 12	114 % ± 14
HCB	7,5 %	6,2 %	8,7 %	106 % ± 8	109 % ± 7	111 % ± 11
β-HCH	10,4 %	4,3 %	9,3 %	99 % ± 12	96 % ± 10	96 % ± 16
γ-HCH	38,0 %	9,6 %	5,0 %	106 % ± 10	112 % ± 10	113 % ± 15
PCB 28	9,1 %	5,0 %	2,6 %	98 % ± 10	109 % ± 7	108 % ± 11
PCB 52	13,7 %	8,5 %	2,1 %	104 % ± 10	102 % ± 7	104 % ± 9
PCB 101	6,3 %	2,1 %	2,5 %	103 % ± 10	96 % ± 4	98 % ± 10
p-p'-DDE	4,7 %	7,2 %	8,0 %	100 % ± 14	103 % ± 4	110 % ± 8
PCB 118	5,7 %	2,3 %	2,4 %	108 % ± 10	103 % ± 12	99 % ± 16
PCB 153	7,7 %	3,3 %	2,6 %	103 % ± 10	100 % ± 6	105 % ± 10
PCB 138+p,p'-DDT	5,5 %	5,3 %	5,0 %	96 % ± 12	106 % ± 11	109 % ± 9
PCB 180	8,2 %	3,8 %	2,6 %	104 % ± 10	100 % ± 5	103 % ± 11

2.6 Construction des indicateurs d'exposition à la chlordécone

2.6.1 Consommations alimentaires

Les habitudes alimentaires (fréquence de consommation d'une liste d'aliments et de boissons, quantités consommées par jour) ont été recueillies à l'aide :

- D'un questionnaire dit « Fréquentiel », adressé en face à face par un enquêteur. Le questionnaire ciblait spécifiquement les aliments suspectés de contribuer à l'exposition à la chlordécone ainsi que la consommation de produits de la mer ;
- De deux rappels par téléphone effectués par des diététiciens dits « Rappels des 24 heures », afin de lister tous les aliments et les boissons consommés la veille de l'entretien. Les enquêtés renseignaient les quantités ingérées avec l'aide d'un manuel de photos issu de l'enquête Suvimax (Supplémentation en vitamines et minéraux antioxydants), complété d'un manuel de photo propres aux aliments spécifiques des Antilles ;

Les habitudes d'approvisionnement ont été recueillies par un enquêteur à l'aide d'un questionnaire dit « Approvisionnement » adressé au participant, permettant de documenter le lieu d'achat des différents produits alimentaires : autoproduction, don, achat en grandes et moyennes surfaces, épiceries, primeurs, boucheries, poissonneries, marchés, « bords de route » et marchands ambulants.

L'analyse des réponses des participants a permis d'estimer les consommations journalières (en gramme par jour) pour l'ensemble des aliments et boissons potentiellement contributeur de l'exposition à la chlordécone. Ce travail a été réalisé par l'Anses pour l'évaluation de l'exposition alimentaire à la chlordécone des participants de l'étude Kannari : volet « exposition » de l'étude publié en 2017 [3]. Les consommations alimentaires estimées par l'Anses, pour chaque participant de l'étude, ont été utilisées afin de quantifier les associations avec les niveaux d'imprégnation par la chlordécone.

2.6.2 Lieu de résidence

Les expositions potentielles à la chlordécone liées au lieu de résidence ont été estimées à travers la classification des îlots de l'Insee en zone de contamination terrestre et/ou maritime par la chlordécone. Ce travail a été réalisé par la Cire Antilles-Guyane et s'appuie sur :

- La cartographie de la contamination des sols par la chlordécone, fondée sur l'occupation rétrospective en bananeraies pendant la période d'application de la chlordécone, telle que fournie par les Directions de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de Martinique et Guadeloupe ;
- Les zones littorales faisant l'objet d'une interdiction de pêche (toute interdiction) en 2013.

La démarche appliquée est détaillée en annexe 1.

À l'issue de ce travail, un îlot (tel que défini par l'Insee) est classé :

- En zone de contamination terrestre dès lors qu'il contient une parcelle présentant un risque de contamination par la chlordécone ;
- En zone de contamination maritime dès lors que son littoral est inclus dans une zone d'interdiction de pêche ;
- En zone de contamination terrestre et maritime lorsqu'il qu'il contient une parcelle présentant un risque de contamination par la chlordécone et que son littoral est situé en zone d'interdiction de pêche.

2.7 Analyses statistiques

2.7.1 Plan du sondage et calcul des pondérations

Le plan d'échantillonnage du volet « imprégnation » de l'étude Kannari est un plan de sondage stratifié (quatre strates) à deux degrés. La première strate concerne les logements de pêcheurs avec une enquête exhaustive ; la deuxième strate concerne les logements en îlots littoraux (hors logements de pêcheurs) ; la troisième strate concerne les logements individuels en îlots contaminés (hors logements de pêcheurs et îlots littoraux) ; la quatrième strate concerne les autres logements. Au premier degré, des ménages ont été tirés au sort dans chacune des quatre strates. Au second degré, un seul adulte (≥ 18 ans) a été tiré au sort (par la méthode Kish) parmi les membres éligibles du ménage.

Le processus de calcul des pondérations pour le sous-échantillon de sujets sélectionnés dans le volet « imprégnation » a été effectué en deux étapes. La première étape a consisté à établir des pondérations initiales dues au plan de sondage. En deuxième étape, un calage a été

effectué sur les marges en population générale (données Insee RP 2011) afin d'ajuster les poids par rapport à la non-réponse totale et de permettre au sous-échantillon pondéré d'être cohérent avec la population source au regard des variables sociodémographiques.

Le détail du processus de pondération, les statistiques descriptives des poids de sondage calculé et l'évaluation de la représentativité de l'échantillon sont présentés en annexe 2.

2.7.2 Traitement des données censurées et manquantes

Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) de la chlordécone et des autres composés organochlorés sont constantes pour l'ensemble des échantillons analysés. Certains niveaux d'imprégnation sont censurés, c'est-à-dire qu'ils sont inférieurs à la LOD (niveau non détecté) ou bien supérieurs à la LOD mais inférieurs à la LOQ (niveau détecté mais non quantifié). Par ailleurs, certaines informations nécessaires à la construction des indicateurs d'exposition peuvent être manquantes chez certains sujets, lorsque ceux-ci n'ont pas répondu à l'ensemble des questions de l'étude par exemple.

Ces données ont été traitées par la méthode d'imputation multiple (*Multiple Imputation by Chained Equations* ; module ICE sous STATA) qui consiste à remplacer les valeurs censurées ou manquantes par des données plausibles. Cette méthode a l'avantage de prendre en compte l'incertitude liée au processus d'estimation des données censurées. Elle consiste à générer M bases de données complètes (M=50), en utilisant un modèle d'imputation contraint pour fournir des valeurs inférieures à la LOD ou à la LOQ. Chaque base de données complète est analysée séparément par des méthodes standards et fournit M estimateurs du paramètre d'intérêt (moyenne géométrique, percentiles, etc.), qui sont ensuite combinés pour tenir compte de l'incertitude résultant de la méthode d'imputation multiple. L'estimateur combiné du paramètre d'intérêt est obtenu par la moyenne des M estimateurs. La variance combinée de cet estimateur est calculée en prenant en compte les variances inter- et intra-imputation.

2.7.3 Description des niveaux d'imprégnation

Les distributions des niveaux d'imprégnation par la chlordécone et les composés organochlorés sont décrites sous forme de percentiles (10, 25, 50, 75, 90, 95) et d'une moyenne géométrique avec les intervalles de confiance à 95 % pour la moyenne géométrique et le percentile 95. Les résultats sont présentés pour la population totale, par tranche d'âges, par sexe, selon l'indice de la masse corporelle (IMC) et selon le lieu de résidence en zone contaminée par la chlordécone (contamination terrestre et/ou maritime) ou non¹. Les concentrations ajustées sur les lipides sériques sont également présentées.

Lorsque le pourcentage d'échantillons présentant des concentrations non quantifiées (inférieures à la LOQ) est supérieur à 40 %, la moyenne géométrique n'est pas calculée. Dans ce cas, la moyenne géométrique de la concentration sérique du polluant concernée est notée « NC ». Si la concentration estimée pour un certain percentile est inférieure à la LOD ou la LOQ alors la valeur de ce percentile est notée respectivement « <LOD » ou « <LOQ ».

¹ Dans l'étude Kannari, un îlot (tel que défini par l'Insee) est classé en **zone de contamination terrestre** dès lors qu'il contient une parcelle présentant un risque de contamination par la chlordécone. Les parcelles contaminées ont été définies à partir des bases cartographiques fournies par les Directions de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de Martinique et Guadeloupe. Un îlot est classé en **zone de contamination maritime** dès lors que son littoral est inclus dans une zone d'interdiction de pêche (toute interdiction confondue). Un îlot est classé en **zone de contamination terrestre et maritime** lorsqu'il contient une parcelle présentant un risque de contamination par la chlordécone et que son littoral est situé en zone d'interdiction de pêche. Le détail de la méthode est présenté en annexe 1.

2.7.4 Recherche des déterminants des niveaux d'imprégnation

Les déterminants des niveaux d'imprégnation par la chlordécone ont été quantifiés à partir d'un modèle additif généralisé (*Generalized Additive Model*, GAM). Les variables explicatives et d'ajustement étudiées ont été définies *a priori* pour la modélisation, à partir des données de la littérature. L'exploitation des résultats des études Escal², Calbas³ et Reso⁴ a montré que les produits de la mer et les légumes racines (dachine, patate douce, igname, etc.) sont les principales denrées contributrices à l'apport total en chlordécone, en raison de leur niveau de contamination [4; 5]. La chair de poulet et certains légumes aériens et fruits tels que le concombre ou le melon, contribuent également à l'exposition alimentaire à la chlordécone. C'est pourquoi, les variables explicatives dont l'association avec la concentration de chlordécone a été étudiée concernent :

- les consommations alimentaires :
 - o consommation de légumes racines et tubercules à risque de contamination forte⁵ (couscouche, igname, madère, dachine, malanga, chou caraïbe, manioc (dont farine), patate douce, pomme de terre),
 - o consommation de légumes aériens et fruits à risque de contamination intermédiaire⁵ (giraumon, concombre, courgette, poireau, melon, pastèque, salade),
 - o consommation de légumes aériens et féculents à faible risque de contamination⁵ (avocat, gombo, haricot-vert, chou, christophine, banane plantain, fruit à pain, poyo, aubergine, tomate, poivron),
 - o consommation d'autres fruits (ananas, banane fruit, mangue, goyave, agrumes, maracuya, papaye, fruits pays, coco),
 - o consommation de viandes blanches (volaille, porc),
 - o consommation de poissons frais toutes espèces confondues (somme de la consommation de grands poissons blancs, de petits poissons blancs, de poissons rouges, de poissons d'eaux douces et d'élevage de mer),
 - o consommation de coquillages/crustacés/mollusques (oursin, lambi, chatrou encornet seiche, crabe de terre, crabe cirique, langouste, écrevisses ouassous, crevettes, autres coquillages),
 - o consommation d'œufs,
 - o consommation de viandes rouges (bœuf, mouton, agneau, veau, cabri),
 - o consommation d'abats et charcuterie (charcuterie, abats, pâté, mousse, boudin de sang, groin, pied, queue de cochon),
 - o consommation d'eaux locales,
 - o consommation d'eaux importées,
 - o consommation d'alcool (vin, cidre, bière, apéritif).

- le lieu de résidence : le fait d'habiter dans une zone de contamination par la chlordécone terrestre ou maritime.

Parmi ces variables, certaines ont été sélectionnées *a priori* afin d'être forcées dans le modèle, compte tenu de leur influence connue sur l'exposition à la chlordécone : la consommation de légumes racines et tubercules locaux à risque de contamination forte, la consommation de légumes locaux à risque de contamination intermédiaire, la consommation de viandes blanches, la consommation de poissons frais, la consommation de coquillages, crustacés et mollusques et le fait de résider dans une zone de contamination terrestre ou maritime.

² Enquête sur les consommations et approvisionnements alimentaires réalisée en Martinique auprès de 1 965 individus âgés de 3 ans et plus (décembre 2003-mai 2004).

³ Enquête sur les consommations et approvisionnements alimentaires réalisée en région de Basse-Terre de Guadeloupe auprès de 683 individus âgés de 3 ans et plus (avril 2005).

⁴ Les enquêtes Reso Martinique et Guadeloupe renseignent les niveaux de contamination des aliments disponibles dans les circuits de distribution antillais, en tenant compte des habitudes de consommation et d'approvisionnement (2005-2006).

⁵ <http://jafa.ireps.gp/>

Puis les autres variables ont été introduites dans le modèle une à une afin de sélectionner les variables les plus pertinentes en se basant sur des critères statistiques, tels que le critère d'information d'Akaike (AIC).

Les variables d'ajustement sélectionnées dans le modèles concernent : l'indice de masse corporelle (IMC), l'âge du participant, son sexe, son niveau d'étude, l'emploi (oui, non, autre), le lieu de naissance (aux Antilles ou non) et le statut marital (vie en couple ou non).

L'influence du mode d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation par la chlordécone a été testée en remplaçant les consommations des denrées alimentaires retenues dans le modèle final par les consommations de ces mêmes denrées en précisant leur mode d'approvisionnement. Les approvisionnements par autoproduction, don et achats auprès de marchands ambulants, « bords de route » ou « petits marchés » en zone d'interdiction de pêche pour les produits de la mer ont été regroupés en circuit « informel ». Les approvisionnements par achats en grandes et moyennes surfaces, en épiceries, primeurs, boucherie, poissonneries, les marchés ou « gros marchés » ont été regroupés en circuit « formel ». Par exemple la consommation totale de poissons a été remplacée par la consommation de poissons issus de circuit formel et la consommation de poissons issus de circuit informel. L'influence des modes d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation n'a pas été testée pour la Guadeloupe compte-tenu du nombre important de données manquantes.

La forme de la relation des variables explicatives et d'ajustement de type continu a été ajustée en utilisant des fonctions splines naturelles. Les modèles développés prennent en compte le logarithme des concentrations de chlordécone afin d'atteindre la normalité des résidus. La construction du modèle (choix du nombre de nœuds et des paramètres de lissage des fonctions splines) et la validation du modèle (vérification de la normalité et de l'homoscédasticité des résidus) ont été effectuées sur un jeu de données imputées. Toutes les analyses réalisées prennent en compte le plan d'échantillonnage de l'étude.

Le modèle final a été validé en vérifiant la normalité, la non-colinéarité et l'homoscédasticité des résidus. Une analyse de sensibilité a été réalisée en supprimant les valeurs supérieures au percentile 99 (P99) afin de tester la stabilité du modèle et la robustesse des résultats.

Les résultats du modèle final sont présentés sous forme de pourcentage de variation des concentrations de chlordécone (avec les intervalles de confiance à 95 %) :

- associé à une augmentation interquartile des variables quantitatives ;
- par rapport à une catégorie de référence pour les variables qualitatives.

Les déterminants de l'imprégnation n'ont pas été recherchés pour les autres composés organochlorés.

2.7.5 Logiciels utilisés

Les analyses statistiques ont été réalisées avec la version 13 de Stata et la version R 3.2.4 (*R Development Core Team*, 2008) qui, *via* le package (Survey), permet l'analyse des données issues d'un plan de sondage complexe.

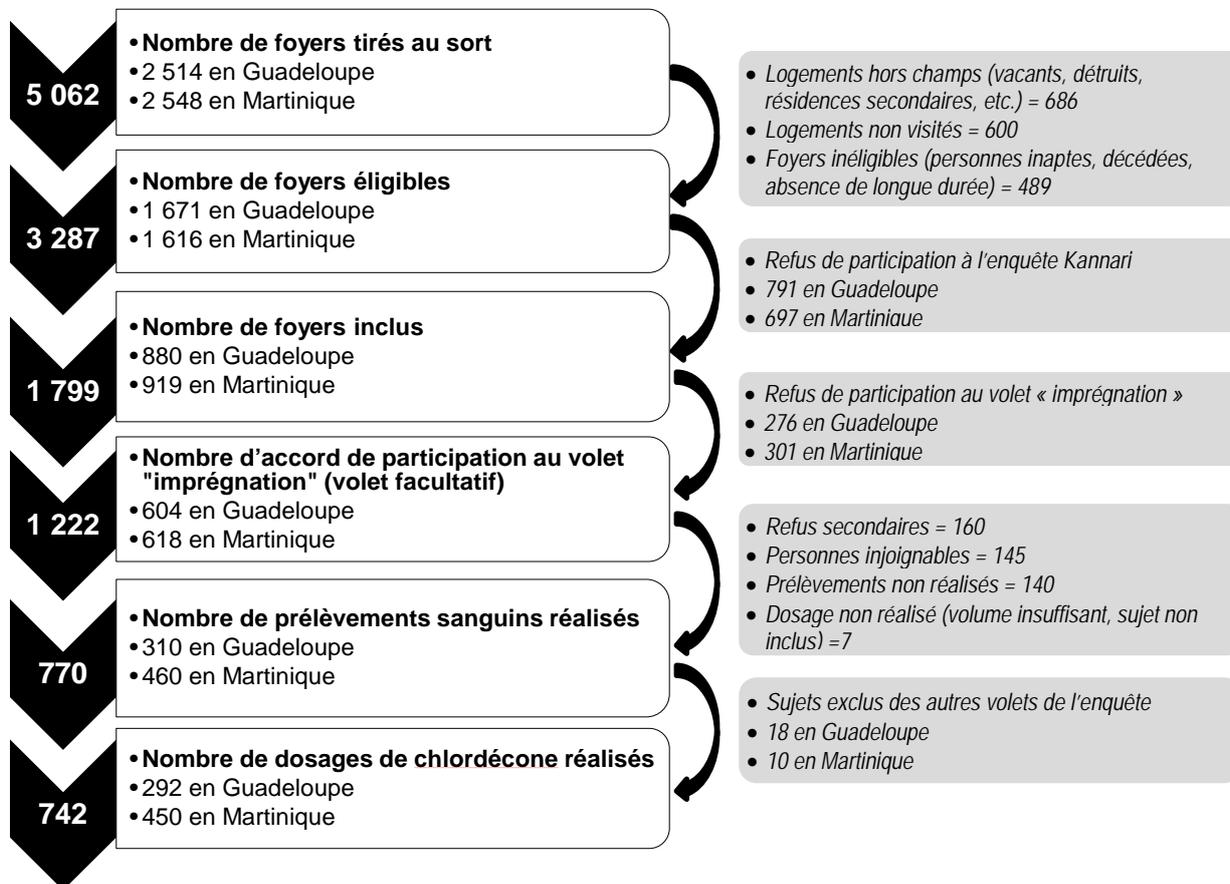
3. POPULATION D'ÉTUDE

3.1 Bilan des inclusions

Le tirage au sort a sélectionné initialement 5 062 foyers dont 2 514 en Guadeloupe et 2 548 en Martinique. Après exclusion des logements hors champ (logements vacants, détruits, résidences secondaires, etc. n=686), non visités pendant l'enquête (logements difficiles d'accès, n=600) et inéligibles (n=489), le nombre de foyers éligibles était de 3 287 (1 671 en Guadeloupe et 1 616 en Martinique).

Parmi les foyers enquêtés, 1 488 ont refusé de participer à l'étude Kannari et 577 adultes éligibles ont refusé de participer au volet « imprégnation » de l'étude (volet facultatif). En raison de pertes liées à des refus secondaires (n=160), à des personnes injoignables (n=145), à l'impossibilité de réaliser et/ou d'utiliser les prélèvements biologiques (n=146), 771 adultes ont finalement fait l'objet d'un prélèvement sanguin (311 en Guadeloupe et 460 en Martinique).

Parmi eux, certains ont été exclus des autres volets de l'étude (n=28) car les informations sur les consommations alimentaires et/ou certaines caractéristiques sociodémographiques ou de santé n'étaient pas disponibles. Au total, 742 sujets (292 en Guadeloupe et 450 en Martinique) ont été inclus dans le volet « imprégnation » de l'étude Kannari. Le taux de participation au volet « imprégnation » est plus faible en Guadeloupe (35 %) qu'en Martinique (50 %). En particulier, le nombre de prélèvements réalisés en Guadeloupe est plus faible qu'en Martinique. Cet écart pourrait en partie s'expliquer par une disponibilité moindre des infirmiers à domicile et des laboratoires de ville en Guadeloupe, ce qui a pu engendrer des refus secondaires des participants.



3.2 Description de la population d'étude

3.2.1 Guadeloupe

3.2.1.1 Caractéristiques de la population d'étude guadeloupéenne

Ce paragraphe décrit les caractéristiques sociodémographiques, socio-économiques et géographiques de la population d'étude Kannari incluse en Guadeloupe pour le volet « imprégnation ». Pour chacune de ces caractéristiques, les effectifs et fréquences dans la population d'étude sont présentés dans les tableaux 2, 3 et 4 ainsi que les fréquences dans la population cible (données de l'Insee⁶).

L'âge moyen dans la population d'étude est de 48,2 ans, avec des âges minimum et maximum respectivement de 19 ans et 88 ans. Une personne sur trois est de corpulence normale et deux personnes sur trois sont en surpoids ou en situation d'obésité. Un peu plus des trois quart de la population d'étude est née en Martinique ou Guadeloupe. Enfin, 38 % de la population d'étude déclare être atteint d'hypertension et 12 % avoir un antécédent d'hypercholestérolémie.

La proportion de personnes en couple est d'environ 47 % et celle des personnes actives professionnellement s'élève à 41 % de la population. Une personne sur trois déclare avoir fait des études supérieures et la même proportion déclare n'avoir aucun diplôme.

Environ 83% de la population d'étude réside dans des zones terrestres non contaminées par la chlordécone (cf. méthode de définition des zones en annexe 1). En revanche, seulement 48 % des personnes résident dans des zones maritimes non contaminées par la chlordécone. Près de 80% de la population d'étude habitent dans des grandes communes.

Enfin, la population guadeloupéenne se caractérise par une forte consommation de produits carnés (viande, poisson, œuf) [6]. Près de la moitié des adultes en consomment une à deux portions par jour (repère du PNNS), mais près d'un quart dépassent ce repère (23,4 %). Les participants du volet « imprégnation » de Kannari en Guadeloupe déclarent consommer en moyenne près de 30 grammes de viandes rouges par jour, près de 80 grammes de viandes blanches par jour, 17 grammes d'œufs par jour et 70 grammes de poissons par jour (Tableau 5).

⁶ Disponibles à l'adresse http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=estim-pop

I TABLEAU 2 I

Caractéristiques sociodémographiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Guadeloupe

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Guadeloupe		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Classes d'âges des femmes			
]18-25]	3	1,4%	14,4%
]25-35]	16	13,2%	14,4%
]35-50]	60	16,0%	15,5%
]50-65]	74	14,9%	14,3%
+65 ans	34	11,5%	11,1%
Classes d'âges des hommes			
]18-25]	5	7,5%	12,6%
]25-35]	7	5,6%	11,4%
]35-50]	27	11,5%	11,4%
]50-65]	52	12,2%	12,1%
+65 ans	14	6,3%	8,6%
Lieu de naissance			
Martinique ou Guadeloupe	234	76,7%	79,9%
Autres DOM/TOM ou France métropolitaine	40	16,8%	13,8%
Étranger	18	6,5%	6,3%
Antécédent hypercholestérolémie			
Non	237	88,1%	86,0%
Oui	50	11,9%	14,0%
Indice de la masse corporelle			
Maigreux	9	2,6%	-
Normal	99	37,7%	-
Surpoids	105	33,1%	-
Obésité	80	26,6%	-

I TABLEAU 3 I

Caractéristiques socio-économiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Guadeloupe

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Guadeloupe		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Diplôme de la personne de référence du foyer			
Aucun diplôme	63	31,5%	30,5%
Aucun diplôme mais scolarisée au-delà du collège	21	9,0%	8,7%
CEP	15	3,6%	6,0%
BEPC	16	5,5%	5,3%
CAP	41	11,2%	11,1%
BEP	36	9,3%	9,2%
Bac général, brevet supérieur	28	8,6%	8,7%
Bac technologique ou professionnel	22	5,3%	5,1%
Diplôme de 1 ^{er} cycle universitaire, BTS	33	7,6%	7,3%
Diplôme de 2 ^e ou 3 ^e cycle universitaire ou supérieur	17	8,4%	8,1%
Présence d'un enfant de moins de 18 ans dans le foyer			
Non	188	54,1%	55,7%
Oui	104	45,9%	44,3%
Niveau de diplôme			
Primaire	96	36,9%	37,2%
Secondaire	109	32,3%	32,8%
Supérieur	87	30,8%	30,0%
En couple			
Non	142	53,3%	52,1%
Oui	150	46,7%	47,9%
Emploi			
Oui	147	41,2%	40,1%
Non	57	16,4%	19,1%
Autres (étudiant, apprenti, femme ou homme au foyer, etc.)	88	42,4%	40,8%

I TABLEAU 4 I

Caractéristiques géographiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Guadeloupe

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Guadeloupe		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Contamination terrestre par la chlordécone			
Zone non contaminée	184	82,9%	83,5%
Zone contaminée	108	17,1%	16,5%
Contamination maritime par la chlordécone			
Zone non contaminée	99	48,1%	46,7%
Zone contaminée	193	51,9%	53,3%
Taille de la commune			
Grandes communes	208	79,7%	80,0%
Petites communes	84	20,3%	20,0%

I TABLEAU 5 I

Quantités d'aliments d'origine animale consommées quotidiennement par les adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Guadeloupe

Aliments en quantité (grammes/jour)	Effectif	Moyenne pondérée	IC 95 % moyenne
Viandes rouges	288	29,1	[25,5 ; 32,8]
Viandes blanches	288	78,6	[54,1 ; 103,1]
Œufs	288	17,1	[14,6 ; 19,6]
Poissons	288	70,0	[60,5 ; 79,6]

3.1.1.2 Évaluation de la représentativité

L'analyse comparative des distributions des caractéristiques de la population d'étude guadeloupéenne obtenues après pondération, avec les distributions des caractéristiques disponibles pour la population cible guadeloupéenne (données Insee), montre que le calage a permis de faire coïncider les distributions pour l'ensemble des variables de redressement. Toutefois, afin de pouvoir réellement s'assurer du bon calage de l'échantillon, il aurait été nécessaire d'inclure dans cette comparaison quelques variables de contrôle corrélées à la variable d'intérêt (ici le niveau d'imprégnation par la chlordécone) mais non utilisées pour le redressement. Or, ces variables n'ont pas pu être identifiées *a priori* ou bien leurs distributions n'étaient pas connues sur toute la population cible.

Par ailleurs, l'analyse des distributions des poids de sondage calculés pour la population d'étude guadeloupéenne montre qu'il existe une forte dispersion des poids de sondage due essentiellement à la forte proportion de non-réponse, à la faible taille du sous-échantillon et au mode d'échantillonnage (cf. annexe 2). Outre la forte dispersion des poids de sondage, ces trois causes identifiées (non-réponse, taille de l'échantillon et mode d'échantillonnage) sont à même de générer des biais dans les résultats de l'étude dont l'ampleur et le sens sont inconnus.

Ainsi, sur la base des informations disponibles, il n'est pas possible d'affirmer ou d'infirmer l'élimination des différents biais potentiels générés par la non-réponse après pondération. Néanmoins, la taille de l'échantillon est le plus élevé disponible en population générale en Guadeloupe et les indicateurs produits sont suffisamment robustes pour estimer les niveaux d'imprégnation par la chlordécone et les autres composés organochlorés en population générale.

3.2.2 Martinique

3.2.2.1 Description de la population d'étude martiniquaise

Ce paragraphe décrit les caractéristiques sociodémographiques, socio-économiques et géographiques de la population d'étude Kannari incluse en Martinique pour le volet « imprégnation ». Pour chacune de ces caractéristiques, les effectifs et fréquences dans la population d'étude sont présentés dans les tableaux 6, 7 et 8 ainsi que les fréquences dans la population cible (données de l'Insee).

L'âge moyen dans la population d'étude est de 49,7 ans, avec des âges minimum et maximum respectivement de 20 ans et 95 ans. Une personne sur trois a une corpulence normale, mais 67% des individus sont en surpoids ou en situation d'obésité. Dans cet échantillon, 84 % des sujets sont nés en Martinique ou Guadeloupe. Près de 39 % des personnes déclarent être atteintes d'hypertension et 17 % d'entre elles déclarent avoir un antécédent d'hypercholestérolémie.

La proportion de personnes en couple est d'environ 47 % et celle des personnes actives professionnellement est de 39 %. Moins d'une personne de référence du foyer sur trois déclare avoir fait des études supérieures et la même proportion déclare n'avoir aucun diplôme.

Près de 80 % de la population d'étude réside dans des zones terrestres non contaminées par la chlordécone alors que seulement 35 % des personnes résident dans des zones maritimes non contaminées par la chlordécone (cf. définition des zones en annexe 2). Près des trois quart de la population habite dans des grandes communes.

Comme en Guadeloupe, la population martiniquaise se caractérise par une forte consommation de produits carnés (viande, poisson, œuf) [6]. Près de la moitié des adultes en consomment une à deux portions par jour (repère du PNNS), mais plus d'un adulte sur quatre dépasse ce repère (27,3 %). Les participants du volet « imprégnation » de Kannari en Martinique déclarent consommer en moyenne 40 grammes de viandes rouges par jour, plus de 70 grammes de viandes blanches par jour, près de 18 grammes d'œufs par jour et plus de 80 grammes de poissons par jour (tableau 9).

I TABLEAU 6 I

Caractéristiques sociodémographiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Martinique

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Martinique		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Classes d'âges des femmes			
]18-25]	9	6,2%	6,9%
]25-35]	22	6,9%	6,9%
]35-50]	84	14,3%	14,9%
]50-65]	91	15,3%	15,0%
+65 ans	69	12,2%	11,8%
Classes d'âges des hommes			
]18-25]	9	7,7%	6,9%
]25-35]	9	4,8%	4,8%
]35-50]	40	11,1%	11,0%
]50-65]	80	12,4%	12,5%
+65 ans	40	9,0%	9,3%
Lieu de naissance			
Martinique ou Guadeloupe	407	84,2%	84,4%
Autres DOM/TOM ou France métropolitaine	31	12,2%	12,0%
Étranger	15	3,6%	3,6%
Antécédent hypercholestérolémie			
Non	366	83,2%	-
Oui	87	16,8%	-
Indice de la masse corporelle			
Maigre	12	5,6%	3,9%
Normal	145	39,7%	35,7%
Surpoids	159	29,1%	28,7%
Obésité	137	25,6%	26,1%

I TABLEAU 7 I

Caractéristiques socio-économiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Martinique

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Martinique		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Diplôme de la personne de référence du foyer			
Aucun diplôme	150	29,7%	30,0%
Aucun diplôme mais scolarisée au-delà du collège	43	9,0%	8,7%
CEP	22	7,1%	7,1%
BEPC	27	5,7%	5,7%
CAP	59	10,7%	10,6%
BEP	37	8,9%	8,9%
Bac général, brevet supérieur	33	7,9%	7,9%
Bac technologique ou professionnel	22	4,8%	4,8%
Diplôme de 1 ^{er} cycle universitaire, BTS	35	7,4%	7,5%
Diplôme de 2 ^e ou 3 ^e cycle universitaire ou supérieur	25	8,8%	8,8%
Présence d'un enfant de moins de 18 ans dans le foyer			
Non	318	58,3%	59,5
Oui	135	41,7%	40,5
Niveau de diplôme			
Primaire	183	37,1%	-
Secondaire	158	33,3%	-
Supérieur	112	29,5%	-
En couple			
Non	243	53,3%	-
Oui	210	46,7%	-
Emploi			
Oui	195	39,4%	-
Non	77	24,2%	-
Autres (étudiant, retraité, femme ou homme au foyer, etc.)	181	36,3%	-

I TABLEAU 8 I

Caractéristiques géographiques des adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Martinique

Variable	Sous-échantillon du volet « imprégnation » en Martinique		Population cible (Insee)
	Effectif	Fréquence pondérée	Fréquence
Contamination terrestre par la chlordécone			
Zone non contaminée	285	78,9%	79,2%
Zone contaminée	168	21,1%	20,8%
Contamination maritime par la chlordécone			
Zone non contaminée	165	35,1%	35,5%
Zone contaminée	288	64,9%	64,5%
Taille de la commune			
Grandes communes	341	74,0%	74,1%
Petites communes	112	26,0%	25,9%

I TABLEAU 9 I

Quantités d'aliments d'origine animale consommées quotidiennement par les adultes du volet « imprégnation » de Kannari en Martinique

Aliments en quantité (grammes/jour)	Effectif	Moyenne pondérée	IC 95 % moyenne
Viandes rouges	448	41,0	[37,4 ; 44,5]
Viandes blanches	448	73,9	[65,8 ; 82,1]
Œufs	448	17,8	[15,2 ; 20,4]
Poissons	448	81,1	[74,0 ; 88,3]

3.2.2.2 Évaluation de la représentativité

L'analyse comparative des distributions des caractéristiques de la population d'étude martiniquaise obtenues après pondération, avec les distributions des caractéristiques disponibles pour la population cible martiniquaise (données Insee), montre que le calage a permis de faire coïncider les distributions pour l'ensemble des variables de redressement. Toutefois, comme en Guadeloupe, l'absence de variables de contrôle disponibles ne permet pas de s'assurer pleinement du bon calage de l'échantillon.

Comme pour l'échantillon de sujets sélectionnés en Guadeloupe, l'analyse des distributions des poids de sondage calculés pour la population d'étude martiniquaise montre qu'il existe une forte dispersion des poids de sondage susceptible de générer des biais dans les résultats de l'étude dont l'ampleur et le sens sont inconnus (cf. annexe 2).

Ainsi, sur la base des informations disponibles, il n'est pas possible d'affirmer ou d'infirmer l'élimination des différents biais potentiels générés par la non-réponse après pondération. Néanmoins, il s'agit du premier échantillon de cette taille disponible en Martinique en population générale et les indicateurs produits sont suffisamment robustes pour estimer les niveaux d'imprégnation par la chlordécone et les autres composés organochlorés en population générale.

4. IMPRÉGNATION DE LA POPULATION ANTILLAISE PAR LA CHLORDECONE

4.1 Généralités sur la chlordécone

4.1.1 Utilisations et réglementations

Le (ou la) chlordécone (CAS n° 143-50-0) est un composé organochloré de synthèse d'origine uniquement anthropique qui se présente sous forme de cristaux blanchâtres. Il possède une structure chimique en cage avec dix atomes de chlore et une fonction cétone qui lui confère une grande stabilité dans l'environnement. Il est peu soluble dans l'eau, peu volatil et présente une forte affinité pour les sols organiques.

La chlordécone a été synthétisée pour la première fois en 1951 et commercialisée en tant que pesticide, sous formulation de Kepone, à partir de 1955 aux États-Unis. Suite aux effets sanitaires constatés chez les employés fabriquant la molécule (usine de Hopewell) [7; 8], la production de chlordécone est arrêtée aux États-Unis dès 1976. En France, la vente et l'utilisation de chlordécone sont autorisées sous la formulation de Kepone entre 1972 et 1976 puis sous le nom de Curlone (produit contenant 5 % de chlordécone) entre 1981 et 1993. Bien que le retrait d'homologation du Curlone ait été prononcé en février 1990, son utilisation est permise dans les Antilles françaises jusqu'au 30 septembre 1993 suite aux dérogations successives obtenues pour le traitement des bananeraies.

4.1.2 Devenir dans l'organisme

4.1.2.1 Absorption et distribution

Après son absorption, la chlordécone se distribue principalement dans le sang, le foie et les tissus adipeux [9]. La chlordécone dans le sang est transportée à 46 % par des protéines (essentiellement l'albumine), le restant étant liée à des lipoprotéines [10]. Chez l'homme, les analyses réalisées à partir de biopsies et de prélèvements de divers fluides corporels ont montré une bioaccumulation de la chlordécone préférentiellement dans le foie puis dans les tissus adipeux. Cette observation pourrait en partie s'expliquer par le fait que la chlordécone est majoritairement liée aux lipoprotéines de haute densité (HDL : *High Density Lipoproteins*) qui sont transportés vers le foie et non vers les tissus adipeux [11].

4.1.2.1 Métabolisme

Le métabolisme de la chlordécone est relativement limité. La chlordécone subit dans le foie une réduction en chlordécone alcool liée à la chlordécone réductase également dénommée cétoréductase puis une conjugaison avec l'acide glucuronique du fait de l'action de l'UDP glucuronosyltransférase ou UGT [12; 13]. Les concentrations hépatiques de cette enzyme semblent très variables selon les individus, ce qui suggère une forte variabilité de l'élimination de la chlordécone chez des sujets exposés. Néanmoins, cette enzyme étant suractivée en présence de chlordécone dans l'organisme, cette variabilité pourrait moduler la susceptibilité individuelle aux effets de la chlordécone [14].

Plus de 75 % de la chlordécone présent dans la bile est sous forme de chlordécone alcool conjugué. Il est également présent, mais dans une moindre mesure, sous sa forme non modifiée, conjugué ou non à l'acide glucuronique, ou sous la forme d'un métabolite apolaire, lequel peut être transformé *in vitro* en chlordécone sous l'action d'un acide fort. Le débit de

chlordécone dans la bile est de 10 à 20 fois supérieures à celui retrouvé dans les selles, laissant penser à un processus de réabsorption intestinale et de recirculation entéro-hépatique [15].

4.1.2.2 Elimination

La métabolisation de la chlordécone dans le foie rend la molécule plus hydrosoluble et facilite son élimination par la voie biliaire [12]. L'excrétion journalière a été estimée à 1% de la charge corporelle [9]. La liaison préférentielle de la chlordécone aux HDL pourrait expliquer cette importante élimination biliaire [16].

La demi-vie de la chlordécone dans le sang a été estimée à une moyenne de 165 jours chez des sujets fortement exposés, présentant des niveaux d'imprégnation généralement supérieurs à 2 mg.L⁻¹, et entre 63 et 148 jours chez des sujets présentant des concentrations plasmatiques inférieures à 2 mg.L⁻¹ [9].

4.1.3 Interprétation des mesures d'imprégnation

Le dosage de la chlordécone dans le sang est un bon indicateur de la charge corporelle ; il représente environ 10 % de la charge corporelle totale [9]. Compte-tenu de la demi-vie de la chlordécone dans le sang, son dosage permet d'estimer l'exposition au cours des mois précédant la réalisation du prélèvement de sang.

Une mesure ponctuelle d'exposition est par ailleurs soumise à une grande incertitude concernant sa validité comme mesure des expositions passées. De plus, certains processus physiologiques, tels que la grossesse, l'allaitement ou la perte de poids, sont susceptibles d'entraîner une mobilisation des graisses périphériques, pouvant conduire à une variation de la charge corporelle par la chlordécone.

4.2 Niveaux d'imprégnation et déterminants

4.2.1 Résultats en Guadeloupe

4.2.1.1 Niveaux d'imprégnation par la chlordécone en Guadeloupe

En Guadeloupe, 292 sujets ont fait l'objet d'un dosage de chlordécone.

Les distributions (moyenne géométrique et percentiles) des concentrations sériques de chlordécone (ajustées ou non sur les lipides sériques) dans la population guadeloupéenne sont présentées dans le tableau 10.

En Guadeloupe, la chlordécone a été détecté (supérieur à la limite de détection) dans 94,9 % des échantillons de sérum mesurés dans l'étude Kannari, et quantifié (supérieur à la limite de quantification) dans 82,9 % d'entre eux. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par la chlordécone est égale à 0,13 µg.L⁻¹, soit 0,02 µg.g⁻¹ de lipides. Le 95^e percentile de la distribution est égal à 1,24 µg.L⁻¹, soit 0,22 µg.g⁻¹ de lipides. La valeur maximale observée est égale à 18,53 µg.L⁻¹.

Les niveaux d'imprégnation par la chlordécone chez les participants guadeloupéens augmentent avec l'IMC. Ils sont plus élevés chez les sujets âgés de 40 ans et plus par rapport aux sujets âgés de 19 à 39 ans. Ces tendances sont retrouvées à la fois pour les résultats d'imprégnation ajustés et non ajustés sur les lipides sériques.

I TABLEAU 10 I

Distributions des concentrations sériques de chlordécone dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en $\mu\text{g.L}^{-1}$								
	n	MG [IC à 95%]	P10	P25	P50	P75	P90	P95 [IC à 95%]
Total	292	0,13 [0,01 ; 0,16]	<LOQ	<LOQ	0,12	0,26	0,65	1,24 [0,68 ; 2,34]
Âge								
19-39 ans	60	0,09 [0,05 ; 0,15]	<LOD	<LOQ	0,10	0,24	0,50	1,01 [0,32 ; 7,21]
40-59 ans	142	0,16 [0,12 ; 0,21]	<LOQ	0,07	0,15	0,27	0,81	1,66 [0,61 ; 3,39]
60-88 ans	90	0,14 [0,10 ; 0,20]	<LOQ	0,07	0,12	0,25	0,67	1,32 [0,62 ; 2,26]
Sexe								
Femme	187	0,13 [0,09 ; 0,18]	<LOQ	0,06	0,13	0,27	0,76	1,25 [0,59 ; 2,34]
Homme	105	0,12 [0,09 ; 0,17]	<LOQ	<LOQ	0,12	0,24	0,53	1,37 [0,50 ; 3,82]
IMC								
Maigre/Normal	98	0,10 [0,07 ; 0,15]	<LOQ	<LOQ	0,09	0,20	0,39	1,77 [0,34 ; 9,58]
Surpoids	105	0,12 [0,08 ; 0,17]	<LOD	0,07	0,14	0,22	0,51	1,23 [0,42 ; 2,84]
Obésité	80	0,18 [0,12 ; 0,29]	<LOQ	0,07	0,17	0,43	1,02	1,29 [0,71 ; 1,52]
Zone de contamination								
Terrestre et maritime	84	0,30 [0,18 ; 0,49]	0,07	0,15	0,31	0,69	1,10	2,66 [0,94 ; 11,84]
Terrestre ou maritime	133	0,13 [0,09 ; 0,19]	<LOD	<LOQ	0,14	0,29	0,70	1,77 [0,66 ; 5,51]
Non contaminée	75	0,09 [0,07 ; 0,13]	<LOQ	<LOQ	0,09	0,16	0,27	0,55 [0,21 ; 1,41]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g^{-1} de lipides								
	n	MG [IC à 95%]	P10	P25	P50	P75	P90	P95 [IC à 95%]
Total	292	23 [19 ; 30]	<LOQ	<LOQ	22	49	120	215 [129 ; 377]
Âge								
19-39 ans	60	19 [11 ; 31]	<LOD	<LOQ	19	49	97	173 [69 ; 1 080]
40-59 ans	142	28 [21 ; 38]	<LOQ	13	25	51	155	253 [118 ; 405]
60-88 ans	90	25 [17 ; 36]	<LOQ	13	21	47	118	246 [94 ; 383]
Sexe								
Femme	187	24 [18 ; 33]	<LOQ	11	22	53	134	214 [98 ; 375]
Homme	105	23 [16 ; 33]	<LOQ	<LOQ	22	45	104	223 [92 ; 445]
IMC								
Maigre/Normal	98	20 [14 ; 29]	<LOQ	<LOQ	18	36	92	324 [75 ; 1 651]
Surpoids	105	22 [15 ; 31]	<LOD	12	24	45	96	199 [80 ; 398]
Obésité	80	32 [20 ; 52]	<LOQ	13	30	79	173	217 [114 ; 262]
Zone de contamination								
Terrestre et maritime	84	53 [33 ; 85]	12	27	57	117	185	425 [149 ; 1 405]
Terrestre ou maritime	133	25 [17 ; 36]	<LOD	<LOQ	24	63	142	286 [116 ; 856]
Non contaminée	75	17 [13 ; 23]	<LOQ	<LOQ	18	27	51	90 [42 ; 212]

LOD=0,02 $\mu\text{g.L}^{-1}$; LOQ=0,06 $\mu\text{g.L}^{-1}$

4.2.1.2 Description des valeurs élevées

L'analyse des caractéristiques des sujets les plus exposés est réalisée uniquement à des fins d'illustration et de discussion des potentielles sources d'exposition susceptibles d'être à l'origine de surexpositions à la chlordécone. Cette analyse n'a pas pour objectif de donner une interprétation individuelle des niveaux d'imprégnation élevés, et ne se substitue pas à l'analyse multivariée des déterminants de l'imprégnation par la chlordécone, présentée dans la suite du rapport.

Les sujets qui présentent les niveaux d'imprégnation les plus élevés, supérieurs au 90^{ème} percentile de la distribution, cumulaient généralement plusieurs facteurs d'exposition : lieu de résidence en zone contaminée, pêcheurs, consommation élevée de poissons frais, de coquillage et mollusques, de légumes racines et tubercules, et s'approvisionnant exclusivement par autoproduction, dons et achat en bord de route. Comparativement au reste de la population d'étude, les sujets les plus exposés résidaient plus souvent dans une zone de contamination par la chlordécone : 54 % en zone de contamination terrestre contre 37 %

pour le reste de la population et 82 % en zone de contamination maritime contre 66 %. Il y avait également plus de pêcheurs (16 % contre 8 %) et leur consommation de coquillages et mollusques étaient significativement plus élevée 122 g/j [72 ; 172] contre 41 g/j [33 ; 50] pour le reste de la population d'étude.

4.2.1.3 Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone en Guadeloupe

Parmi les variables explicatives dont l'association avec la concentration sérique en chlordécone a été étudiée (consommation de légumes racines et tubercules locaux, d'autres légumes et fruits locaux, de poissons, de viandes blanches, d'œufs, etc.) (cf. §2.6.4), la concentration de chlordécone mesurée chez les participants de Kannari en Guadeloupe est augmentée avec :

- La **consommation de poissons frais (toutes espèces confondues)**⁷: par rapport aux participants déclarant consommer près de 24 g de poissons par jour (25^e percentile de la distribution de la consommation de poisson), l'imprégnation par la chlordécone est augmentée de 50,0 % [9,5 ; 107,0] chez les participants déclarant en consommer 96 g/jour (75^e percentile de la distribution) ;
- Le fait de résider dans une **zone de contamination terrestre** par la chlordécone : les participants résidant en zone contaminée présentent des niveaux d'imprégnation par la chlordécone plus élevés de 156,0% [50,0 ; 338,3] par rapport aux participants résidant en zone non contaminée.

Dans une moindre mesure, une tendance à l'augmentation de l'imprégnation par la chlordécone est également observée avec :

- La **consommation de viandes blanches** : par rapport aux participants déclarant consommer près de 18 g de viandes blanches par jour (P25), l'imprégnation par la chlordécone est augmentée de 26,0 % [-3,0 ; 62,0] chez les participants déclarant en consommer plus de 74 g/jour (P75) ;
- La **consommation d'alcool** : par rapport aux participants déclarant consommer près de 12 g de boissons alcoolisées par jour (P25), l'imprégnation par la chlordécone est augmentée de 43% [-2,2 ; 110,0] chez les participants déclarent en consommer 46 g/jour (P75).

Une diminution des niveaux d'imprégnation par la chlordécone avec l'augmentation du niveau d'étude est par ailleurs observée dans cette étude.

L'influence des modes d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation n'a pas été testée pour la Guadeloupe compte-tenu du nombre important de données manquantes.

⁷ Somme de la consommation de grands poissons blancs, de petits poissons blancs, de poissons rouges, de poissons d'eaux douces et d'élevage de mer.

I TABLEAU 11 I

Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone dans la population adulte guadeloupéenne (variables qualitatives)

Variable qualitative	n (%)*	% Augmentation	IC95%
Sexe du participant**			
Homme	105 (41,6)	Référence	-
Femme	187 (58,4)	1,0	[-34,9 ; 56,6]
Lieu de naissance**			
Guadeloupe / Martinique	234 (76,7)	Référence	-
Autres départements de France ou à l'étranger	58 (23,3)	-19,3	[-53,0 ; 38,6]
Niveau d'étude**			
Non scolarisé / niveau primaire	96 (37,0)	Référence	-
Collège / Lycée / CAP / BEP	109 (34,5)	-41,5	[-63,1 ; -7,1]
Etudes supérieures	87 (28,5)	-35,5	[-62,2 ; 10,3]
Emploi**			
Oui	147 (43,7)	Référence	-
Non	57 (17,2)	-11,8	[-48,6 ; 51,2]
Autres situations	88 (39,1)	20,5	[-34,7 ; 100,9]
Vie en couple**			
Oui	150 (50,8)	Référence	-
Non	142 (49,2)	41,5	[-4,8 ; 110,3]
Résidence en zone de contamination terrestre			
Non	108 (17,8)	Référence	-
Oui	184 (82,2)	156,0	[50,0 ; 338,6]
Résidence en zone de contamination maritime			
Non	193 (54,6)	Référence	-
Oui	99 (45,3)	15	[-21,8 ; 70,6]

* n = effectif dans l'échantillon ; % dans la population ; ** variable d'ajustement forcée dans le modèle

I TABLEAU 12 I

Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone dans la population adulte guadeloupéenne (variables quantitatives)

Variables quantitatives	Médiane [P25 – P75]	Augmentation entre le P25 et le P75	
		%	IC95%
Âge du participant* (années)	47,8 [35,5 ; 62,3]	21%	[-21,0 ; 85,0]
IMC* (kg/m ²)	26,1 [22,9 ; 30,2]	4,6%	[-21,0 ; 39,0]
Consommation de légumes racines et tubercules locaux (g/jour)	80,2 [41,1 ; 137,4]	11,0%	[-19,0 ; 52,0]
Consommation de légumes aériens (g/jour)	144,0 [63,1 ; 282,4]	-5,0%	[-32,0 ; 33,0]
Consommation de viandes blanches (g/jour)	38,8 [17,6 ; 74,5]	26,0%	[-3,0 ; 62,0]
Consommation de poissons frais (g/jour)	54,7 [23,6 ; 96,2]	50,0%	[9,5 ; 107,0]
Consommation de coquillages, crustacés et mollusques (g/jour)	19,3 [8,1 ; 41,3]	-10%	[-33,0 ; 20,0]
Consommation d'alcool (g/jour)	7,3 [0,1 ; 46,2]	43%	[-2,2 ; 110,0]

* Variable d'ajustement forcée dans le modèle

4.2.2 Résultats en Martinique

4.2.2.1 Niveaux d'imprégnation par la chlordécone en Martinique

En Martinique, 450 sujets ont fait l'objet d'un dosage de chlordécone.

Les distributions (moyenne géométrique et percentiles) des concentrations sériques de chlordécone (ajustées ou non sur les lipides sériques) dans la population martiniquaise sont présentées dans le tableau 13.

En Martinique, la chlordécone a été détecté (supérieur à la limite de détection) dans 92,3 % des échantillons de sérum mesurés dans l'étude Kannari, et quantifié (supérieur à la limite de quantification) dans 81,7 % d'entre eux. Après prise en compte du plan de sondage, la moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par la chlordécone est égale à $0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$, soit $0,03 \mu\text{g.g}^{-1}$ de lipides. Le 95^e percentile de la distribution de l'imprégnation par la chlordécone est égal à $1,87 \mu\text{g.L}^{-1}$, soit $0,35 \mu\text{g.g}^{-1}$ de lipides. La valeur maximale observée est égale à $15,41 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Les niveaux d'imprégnation par la chlordécone des participants martiniquais augmentent avec l'âge et l'IMC des sujets. Ils sont plus élevés chez les femmes que chez les hommes. Ces tendances sont retrouvées à la fois pour les résultats d'imprégnation ajustés et non ajustés sur les lipides sériques.

I TABLEAU 13 I

Distributions des concentrations sériques de chlordécone dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en $\mu\text{g.L}^{-1}$								
	n	MG [IC à 95%]	P10	P25	P50	P75	P90	P95 [IC à 95%]
Total	450	0,14 [0,11 ; 0,18]	<LOD	<LOQ	0,14	0,39	0,89	1,87 [1,06 ; 2,47]
Âge								
19-39 ans	73	0,07 [0,04 ; 0,10]	<LOD	<LOQ	0,07	0,14	0,34	0,53 [0,27 ; 0,73]
40-59 ans	215	0,18 [0,13 ; 0,26]	<LOQ	0,08	0,17	0,42	1,38	2,11 [0,97 ; 3,61]
60-88 ans	162	0,22 [0,15 ; 0,30]	<LOQ	0,09	0,26	0,56	1,13	2,11 [1,12 ; 4,12]
Sexe								
Femme	272	0,15 [0,12 ; 0,20]	<LOQ	0,07	0,14	0,40	0,93	1,87 [1,10 ; 3,13]
Homme	178	0,13 [0,08 ; 0,19]	<LOD	<LOQ	0,13	0,37	0,91	1,56 [0,64 ; 2,27]
IMC								
Maigre/Normal	145	0,13 [0,09 ; 0,21]	<LOD	<LOQ	0,14	0,47	1,11	1,73 [0,84 ; 2,35]
Surpoids	156	0,14 [0,10 ; 0,19]	<LOD	0,06	0,14	0,33	0,85	1,76 [0,66 ; 3,08]
Obésité	137	0,16 [0,11 ; 0,22]	<LOQ	0,07	0,14	0,32	0,73	1,55 [0,72 ; 3,53]
Zone de contamination								
Terrestre et maritime	110	0,20 [0,13 ; 0,31]	<LOQ	0,07	0,24	0,52	1,60	3,80 [1,31 ; 6,15]
Terrestre ou maritime	230	0,14 [0,10 ; 0,19]	<LOD	<LOQ	0,13	0,40	1,25	2,12 [1,14 ; 3,12]
Non contaminée	110	0,13 [0,09 ; 0,17]	<LOQ	0,06	0,14	0,30	0,52	0,61 [0,45 ; 0,72]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g^{-1} de lipides								
	n	MG [IC à 95%]	P10	P25	P50	P75	P90	P95 [IC à 95%]
Total	450	26 [20 ; 32]	<LOD	<LOQ	27	68	158	347 [183 ; 456]
Âge								
19-39 ans	73	13 [9 ; 19]	<LOD	<LOQ	13	30	56	88 [45 ; 164]
40-59 ans	215	33 [24 ; 47]	<LOQ	15	31	77	252	383 [162 ; 504]
60-88 ans	162	37 [26 ; 52]	<LOQ	15	45	98	205	377 [199 ; 610]
Sexe								
Femme	272	28 [22 ; 36]	<LOQ	12	28	69	164	337 [187 ; 514]
Homme	178	23 [16 ; 35]	<LOD	<LOQ	24	68	179	319 [119 ; 451]
IMC								
Maigre/Normal	145	25 [16 ; 39]	<LOD	<LOQ	26	83	216	339 [164 ; 449]
Surpoids	156	25 [17 ; 35]	<LOD	11	25	61	140	295 [112 ; 501]
Obésité	137	28 [21 ; 39]	<LOQ	13	29	57	120	280 [119 ; 810]
Contamination terrestre et maritime								
Terrestre et maritime	110	36 [23 ; 55]	<LOQ	14	43	94	256	625 [209 ; 1 368]
Terrestre ou maritime	230	25 [18 ; 36]	<LOD	<LOQ	26	69	229	397 [188 ; 509]
Non contaminée	110	23 [17 ; 32]	<LOQ	11	27	52	94	117 [74 ; 159]

LOD=0,02 $\mu\text{g.L}^{-1}$; LOQ=0,06 $\mu\text{g.L}^{-1}$

4.2.2.2 Description des valeurs élevées

L'analyse des caractéristiques des sujets les plus exposés est réalisée uniquement à des fins d'illustration et de discussion des potentielles sources d'exposition susceptibles d'être à l'origine de surexpositions à la chlordécone. Cette analyse n'a pas pour objectif de donner une interprétation individuelle des niveaux d'imprégnation élevés, et ne se substitue pas à l'analyse multivariée des déterminants des niveaux d'imprégnation par la chlordécone présentée dans la suite du rapport.

Les sujets qui présentent les niveaux d'imprégnation les plus élevés, supérieurs au 90^{ème} percentile de la distribution, cumulaient généralement plusieurs facteurs d'exposition (lieu de résidence en zone contaminée, pêcheurs, consommation élevée de poissons frais, de coquillage et mollusques, de légumes racines et tubercules, approvisionnement exclusif par autoproduction, dons et achat en bord de route). Comparativement au reste de la population d'étude, les sujets les plus exposés résidaient plus souvent dans une zone de contamination par la chlordécone : 85% en zone de contamination maritime contre 63% pour le reste de la

population. Il y avait également plus de pêcheurs (19% contre 9,5%) et leur consommation de légumes racines et tubercules étaient significativement plus élevée 159 g/j [133 ; 184] contre 120 g/j [109 ; 130] pour le reste de la population d'étude.

4.2.2.3 Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone en Martinique

Parmi les variables explicatives dont l'association avec la concentration sérique en chlordécone a été étudiée (consommation de légumes racines et tubercules locaux, d'autres légumes et fruits locaux, de poissons, de viandes blanches, d'œufs, etc.) (cf. §2.6.4), la concentration de chlordécone mesurée chez les participants de Kannari en Martinique augmente avec :

- La **consommation de poissons frais (toutes espèces confondues)**⁸: par rapport aux participants déclarant consommer près de 33 g de poissons par jour (25^{ème} percentile de la distribution de la consommation de poisson), l'imprégnation par la chlordécone est augmentée de 43,0 % [14,0 ; 80,0] chez les participants déclarant en consommer 103 g/jour (75^e percentile). L'analyse exploratoire de l'impact des modes d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation montre que la consommation de poissons issus de circuits informels (autoproduction, dons, marchands ambulants et en bords de route, petits marchés en zone d'interdiction de pêche) contribue fortement à l'augmentation de l'imprégnation : par rapport aux participants déclarant ne pas consommer de poissons issus de circuits informels, l'imprégnation par la chlordécone est augmentée de 168% [67 ; 329] chez les participants déclarant en consommer plus de 46 g/jour (75^e percentile). À l'inverse, la consommation de poissons issus de circuits formels (petits marchés en zone de pêche autorisée, grands marchés, poissonneries, grandes et moyennes surfaces) n'influence pas les niveaux d'imprégnation par la chlordécone (résultats détaillés en annexe 3) ;
- Le fait de résider dans une **zone de contamination maritime** par la chlordécone : les participants résidant en zone contaminée présentent des niveaux d'imprégnation par la chlordécone plus élevés de 45,0% [1,5 ; 107,9] par rapport aux participants résidant en zone de non contaminée.

Dans une moindre mesure, une tendance à l'augmentation de l'imprégnation est également observée avec le fait de résider dans une **zone de contamination terrestre** par la chlordécone : les participants résidant en zone contaminée présentent des niveaux d'imprégnation par la chlordécone plus élevés de 43,0% [-2,0 ; 109,5] par rapport aux participants résidant en zone non contaminée.

Une diminution des niveaux d'imprégnation par la chlordécone avec l'augmentation du niveau d'étude et le fait d'être né hors de la Martinique ou de la Guadeloupe est par ailleurs observée dans cette étude, chez les participants en Martinique.

⁸ Somme de la consommation de grands poissons blancs, de petits poissons blancs, de poissons rouges, de poissons d'eaux douces et d'élevage de mer.

I TABLEAU 14 I

Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone dans la population adulte martiniquaise (variables qualitatives)

Variable qualitative	n (%)*	% Augmentation	IC95%
Sexe du participant**			
Homme	178 (45,0)	Référence	-
Femme	275 (55,0)	25,8	[-12,4 ; 80,5]
Lieu de naissance**			
Guadeloupe / Martinique	407 (84,1)	Référence	-
Autres départements de France ou à l'étranger	46 (15,9)	-58,3	[-76,0 ; -27,5]
Niveau d'étude**			
Non scolarisé / niveau primaire	183 (37,2)	Référence	-
Collège / Lycée / CAP / BEP	158 (33,3)	-35,9	[-58,4 ; -1,2]
Études supérieures	112 (29,5)	-59,7	[-75,7 ; -33,1]
Emploi**			
Oui	195 (39,4)	Référence	-
Non	77 (24,2)	-5,6	[-41,6 ; 52,6]
Autres situations	181 (36,3)	-20,3	[-53,7 ; 37,2]
Vie en couple**			
Oui	210 (46,7)	Référence	-
Non	243 (53,3)	-21,0	[-45,3 ; 14,0]
Résidence en zone de contamination terrestre			
Non	168 (21,2)	Référence	-
Oui	285 (78,8)	43	[-2,0 ; 109,5]
Résidence en zone de contamination maritime			
Non	288 (64,9)	Référence	-
Oui	165 (35,1)	45	[1,5 ; -107,9]

* n = effectif dans l'échantillon ; % dans la population ; ** variable d'ajustement forcée dans le modèle

I TABLEAU 15 I

Déterminants de l'imprégnation par la chlordécone dans la population adulte martiniquaise (variables quantitatives)

Variables quantitatives	Moyenne [P25 – P75]	Augmentation entre le P25 et P75	
		%	IC95%
Âge du participant* (années)	48,9 [34,4 ; 63,6]	34%	[-11,0 ; 99,0]
IMC* (kg/m ²)	26,1 [22,7 ; 30,7]	-21%	[-41,0 ; 4,6]
Consommation de légumes racines et tubercules locaux (g/jour)	95,1 [50,4 ; 156,5]	-4,0%	[-26,0 ; 25,0]
Consommation de légumes aériens (g/jour)	237,2 [105,0 ; 351,7]	-1,3%	[-23,0 ; 27,0]
Consommation de viandes blanches (g/jour)	58,1 [29,5 ; 92,8]	-0,8%	[-22,0 ; 26,0]
Consommation de poissons frais (g/jour)	58,6 [32,5 ; 102,9]	43,0%	[14,0 ; 80,0]
Consommation de coquillages, crustacés et mollusques (g/jour)	17,6 [7,4 ; 35,3]	1,6%	[-17,0 ; 24,0]

* Variable d'ajustement forcée dans le modèle

4.3 Discussion

4.3.1 Comparaison des niveaux d'imprégnation par la chlordécone en Martinique et Guadeloupe

Les pourcentages de détection (pourcentage de sujets présentant des niveaux de concentration en chlordécone supérieurs à la limite de détection) et les niveaux d'imprégnation par la chlordécone mesurés en Martinique et Guadeloupe sont comparables.

4.3.2 Comparaison avec les études antérieures

Il n'existe pas d'étude en France et à l'étranger relative à l'imprégnation de la population générale par la chlordécone. Quatre études épidémiologiques à visée étiologiques conduites par l'Inserm en Guadeloupe ont permis de mesurer les concentrations sanguines de chlordécone chez certains sous-groupes de population [2] :

- La première étude a été réalisée de 1999 à 2001 chez des hommes âgés de 20 à 45 ans [17]. Elle avait pour objectif d'étudier l'impact de l'utilisation professionnelle de pesticides sur la fertilité masculine. La chlordécone dans le sang a été dosé chez 100 hommes dont environ la moitié était exposée professionnellement à des pesticides.
- La deuxième étude, nommée Hibiscus, a été réalisée en 2003 auprès de 112 femmes enceintes âgées de 17 à 45 ans [2; 18]. Le dosage sanguin de chlordécone était couplé à des mesures dans le sang du cordon (109) et dans le lait maternel (102), ainsi qu'à un questionnaire portant sur la fréquence de consommation de denrées alimentaires susceptibles d'être contaminées par la chlordécone.
- Une étude cas-témoins, nommée Karuprostate, a été réalisée entre 2004 et 2007 chez des hommes âgés de plus de 45 ans [11; 19]. Elle visait à estimer le risque de survenue du cancer de la prostate en lien avec une exposition à la chlordécone. La chlordécone dans le sang a été dosé chez plus de 1 200 hommes, dont 671 témoins sans cancer de la prostate recrutés parmi des hommes consultant un centre d'examens de santé.
- Enfin, une cohorte mère-enfant Timoun a été conduite entre 2004 et 2007 [20]. Elle avait pour objectif d'évaluer l'impact des expositions pré et post-natales sur le déroulement de la grossesse et le développement de l'enfant. La chlordécone a été dosé dans le sang auprès de 818 femmes enceintes âgées de 17 à 46 ans.

Dans ces quatre études les dosages de chlordécone ont été réalisés par le même laboratoire que celui impliqué dans l'étude Kannari (LEAE, Liège). Les principaux résultats de ces études sont synthétisés dans le tableau 16.

Dans l'étude Kannari, le pourcentage de détection (pourcentage de sujets présentant des niveaux de concentration en chlordécone supérieurs à la limite de détection) observé en Guadeloupe est supérieur à celui retrouvé dans les études antérieures menées dans ce département. Toutefois, cet écart s'explique par l'évolution de la méthode de dosage au cours du temps. En effet, bien que les dosages de chlordécone aient été réalisés par le même laboratoire, celui-ci a amélioré sa méthode de dosage depuis le début des années 2000 (date de la première étude d'imprégnation par la chlordécone réalisée en Guadeloupe). Ces améliorations ont notamment conduit à un abaissement des limites de détection et de quantification (la LOD a été divisée par 50 entre le début des années 2000 et 2015). Ainsi, en appliquant la limite de détection atteinte dans l'étude Karuprostate ($0,25 \mu\text{g.L}^{-1}$) aux résultats

de Kannari, le pourcentage de détection atteinte en Guadeloupe serait de 45 %, soit un pourcentage de détection plus faible que dans Karuprostate.

En comparaison avec les études précédentes, les niveaux médians d'imprégnation par la chlordécone observés dans Kannari sont plus faibles. En revanche, les niveaux maximums observés dans Kannari sont similaires à ceux des études précédentes Hibiscus et Timoun. Ce constat suggère une diminution du bruit de fond d'exposition à la chlordécone et la persistance d'une exposition élevée chez certains groupes d'individus au sein de la population générale guadeloupéenne. Cette observation doit toutefois tenir compte de différences méthodologiques importantes entre les études, en particulier concernant la population d'étude. En effet, si l'étude Kannari vise à représenter la population générale guadeloupéenne, les études antérieures s'intéressaient à des populations spécifiques, considérées comme plus exposées ou sensibles : travailleurs agricoles, femmes enceintes (Hibiscus et Timoun), hommes âgés de plus de 45 ans (Karuprostate). De plus, contrairement à l'étude Kannari, ces études n'avaient pas pour objectif de représenter l'ensemble du territoire de la Guadeloupe. Or, la contamination terrestre et maritime par la chlordécone n'étant pas homogène sur l'ensemble de l'île, le lieu de résidence est susceptible d'avoir un impact sur l'exposition de la population. Les différences en termes d'exposition professionnelle à la chlordécone, d'âges (avec lequel augmente la bioaccumulation de la chlordécone dans l'organisme), de métabolisme (susceptible d'être modifié pendant la grossesse) et de lieu de résidence (en zone contaminée ou non par la chlordécone) pourraient également expliquer en partie les différences observées entre les niveaux d'imprégnation mesurés dans Kannari et dans les études antérieures.

Les niveaux d'imprégnation observés en Martinique dans l'étude Kannari n'ont pas pu être comparés en raison de l'absence de données antérieures disponibles.

À l'étranger, seules les données d'imprégnation mesurées suite à l'accident de l'usine de Hopewell (États-Unis, État de Virginie) sont disponibles à ce jour [7]. Dans ce cadre, la chlordécone a été mesurée dans le sang chez 106 employés de l'usine et chez 214 personnes résidant à proximité de l'usine (LOD = 3 µg.L⁻¹). Les concentrations médianes des employés symptomatiques étaient de 2,53 mg.L⁻¹, soit très supérieures à celles retrouvées pour ceux indemnes de symptômes (moyenne de 0,6 mg.L⁻¹) et les riverains (tableau 16). Les concentrations observées dans la population antillaise dans le cadre de l'étude Kannari sont très inférieures à celles observées dans cette étude à la fois pour les travailleurs de l'usine et la population riveraine.

I TABLEAU 16 I

Comparaison des résultats d'imprégnation de l'étude Kannari avec les études antérieures aux Antilles et à l'étranger

Région	Étude	Année	Matrice	LOD ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Population	n	%> LOD [†]	Distribution ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
								P25	Med ^{††}	P75	Max
France Antilles	Kannari	2013-2014	sang	0,02	Guadeloupe Population générale adulte (≥ 18 ans)	292	95 %	0,06	0,12	0,26	18,53
					<i>Dont Hommes</i>	105	-	<LOQ	0,12	0,24	18,53
					<i>Dont Femmes</i>	187	-	0,06	0,13	0,27	15,26
					Martinique Population générale adulte (≥ 18 ans)	4 50	92 %	<LOQ	0,14	0,39	15,41
					<i>Dont Hommes</i>	178	-	<LOQ	0,13	0,37	15,41
					<i>Dont Femmes</i>	275	-	0,07	0,15	0,40	9,35
France Antilles	[16; 17]	1999-2011	sang	1,00	Guadeloupe Hommes salariés agricoles (20 - 45 ans)	100	88 %	3,30	5,20	9,30	104,50
					<i>Dont salariés agricole de la banane</i>	42	-	4,30	6,30	17,10	104,50
	Hibiscus [2; 18]	2003	sang	0,50	Guadeloupe Femmes enceintes (17 – 45 ans)	112	87 %	1,20	2,20	3,90	16,60
	Karuprostate [11; 19]	2004-2007	sang	0,25	Guadeloupe Hommes (45 – 90 ans)	671	67 %	0,30	0,60	1,40	49,10
	Timoun [20]	2004-2007	sang	0,06	Guadeloupe Femmes enceintes (17 – 46 ans)	818	88 %	0,18	0,39	0,83	19,70
États-Unis État de Virginie	Hopewell [7]	1974-1975	sang	3,00	Employés et riverains de l'usine de Hopewell						
					<i>Employés usine avec symptômes</i>	57	100 %		2 530		11 800
					<i>Employés usine sans symptôme</i>	49	99 %		600		4 100
					<i>Résidents</i>	214	19 %		11		30

* Lieu de résidence dans une zone de contamination terrestre et maritime

** Lieu de résidence dans une zone non contaminée

[†] %>LOD : pourcentage d'échantillons présentant un niveau de concentration détectable en chlordécone (supérieur à la limite de détection)

^{††} Med : médiane

4.3.3 Facteurs influençant les niveaux d'imprégnation

Dans l'étude Kannari, les concentrations sériques en chlordécone ont tendance à augmenter légèrement avec l'âge ce qui reflète une exposition cumulative à cette substance. Cette tendance peut également s'expliquer par un effet de génération : les personnes plus âgées ayant potentiellement été exposées à des niveaux plus élevés de chlordécone dans le passé, avant la mise en place de mesures visant à diminuer les expositions (interdiction de l'usage de la chlordécone, contrôle dans les aliments, préconisation en termes d'autoconsommation). Cette tendance nécessiterait d'être confirmée par un suivi dans le temps de l'exposition à la chlordécone par des études complémentaires.

Les niveaux d'imprégnation par la chlordécone ont également tendance à diminuer avec l'augmentation du niveau scolaire.

Dans cette étude, conformément à la littérature, une élévation des concentrations sériques en chlordécone est observée avec la consommation totale de poissons frais (somme de la consommation de grands poissons blancs, de petits poissons blancs, de poissons rouges, de poissons d'eaux douces et d'élevage de mer) [4]. Cette augmentation est observée à la fois en Martinique et en Guadeloupe. En Martinique, l'analyse des modes d'approvisionnement a permis de mettre en évidence que cette augmentation est fortement liée à la consommation de poissons issus de circuits informels (autoproduction, don, marchands ambulants, « bords de route », « petits marchés » en zone d'interdiction de pêche). L'influence des modes d'approvisionnement sur les niveaux d'imprégnation n'a pas pu être testée pour la Guadeloupe en raison d'un nombre important de données manquantes pour cette variable.

Dans une moindre mesure, une faible tendance à l'augmentation des concentrations en chlordécone a également été observée avec la consommation de viandes blanches (volaille et porc) et d'alcool. Cette tendance était cependant non significative et n'a pas été observée en Martinique. Par ailleurs, compte tenu du nombre important de données manquantes, il n'a pas été possible d'étudier l'impact du mode d'approvisionnement des viandes blanches sur les niveaux d'imprégnation. La consommation des autres produits carnés (viandes rouges, œufs, abats) n'influait pas les niveaux d'imprégnation mesurés dans cette étude.

Il n'est pas retrouvé d'augmentation de l'imprégnation par la chlordécone avec la consommation de légumes racines et tubercules locaux susceptibles d'être fortement contaminés par la chlordécone (couscouche, igname, madère, dachine, malango, chou caraïbe, manioc (dont farine), patate douce, betterave, carotte, navet, radis) [4], et ce quel que soit le mode d'approvisionnement. La consommation plus élevée de légumes racines et tubercules observée chez les individus les plus exposés (>90^e percentile) comparativement à celle du reste de la population d'étude, n'explique pas à elle seule les niveaux d'imprégnation extrême. L'absence d'augmentation des niveaux d'imprégnation avec la consommation de légumes racines et tubercules est néanmoins cohérente avec le taux de conformité proche de 100 % des végétaux contrôlés à la production ou sur les lieux de vente aux Antilles (sources DAAF Guadeloupe et Martinique)⁹. Cette absence d'association pourrait également s'expliquer par le suivi des préconisations en termes d'autoconsommation formulées à partir des résultats des études Escal et Calbas, et susceptibles d'avoir conduit à un changement d'habitudes alimentaires au sein de la population générale antillaise. Il n'est pas non plus

⁹ <http://daaf.guadeloupe.agriculture.gouv.fr>
<http://daaf.martinique.agriculture.gouv.fr>

observé d'augmentation de l'imprégnation par la chlordécone avec la consommation de coquillages et crustacés.

Le fait de résider en zone contaminée par la chlordécone terrestre ou maritime influence également les concentrations sériques de chlordécone ce qui peut refléter l'existence d'une exposition liée à une pollution résiduelle des milieux. Cette augmentation du niveau d'imprégnation chez les individus résidant en zone de contamination terrestre ou maritime peut s'expliquer en tout ou partie par la consommation d'aliments en provenance dans ces zones, qui s'avèrent plus contaminés que ceux provenant de zones non contaminées (volet « exposition » de Kannari [3]). Cependant, l'existence d'expositions par contact avec les sols et les poussières contaminés en zone de contamination terrestre ou bien par la baignade en zone de contamination maritime ne peut être exclue.

5. IMPRÉGNATION DE LA POPULATION ANTILLAISE PAR D'AUTRES COMPOSÉS ORGANOCHLORÉS

5.1 Généralités sur les polluants choisis

Les activités agricoles antillaises, en particulier les cultures bananières, sont connues pour leur recours important à l'usage des pesticides antiparasitaires, principalement la chlordécone mais également d'autres pesticides organochlorés tels que le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) (CAS n°50-29-3), l'hexachlorobenzène (HCB) (CAS n°118-74-1) et l'hexacyclohexane (HCH).

Bien que la contamination de l'environnement aux Antilles soit particulièrement marquée par la chlordécone, des contaminations par le DDT, le HCH et le HCB ont été observées dès 1999 en Guadeloupe [21].

C'est pourquoi, parallèlement au dosage de la chlordécone dans le sang, les niveaux d'imprégnation de la population antillaise par d'autres composés organochlorés ont été mesurés dans le sang. Les composés organochlorés en plus de la chlordécone étudiés dans Kannari concernent certains pesticides organochlorés dont le HCB, le HCH, le DDT et les polychlorobiphényles dits indicateurs (PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153 et PCB 180).

5.1.1 Utilisations et réglementations

Les PCB, le HCB et le DDT comptent parmi les 23 polluants organiques persistants (POP) prioritaires inscrits dans la convention de Stockholm [22]. Les POP tels que définis par le Programme des nations unies pour l'environnement (PNUE) et la convention de Stockholm, sont des substances chimiques qui possèdent certaines propriétés toxiques et qui résistent à la dégradation. Compte tenu de leur accumulation dans les organismes vivants et de leur potentiel toxique, ces polluants font l'objet d'une attention particulière en vue de protéger la santé humaine et l'environnement.

5.1.1.1 Les PCB

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des dérivés chlorés du biphényle. Ils forment un groupe de 209 congénères définis selon le nombre et la position des atomes de chlore sur les noyaux aromatiques du biphényle. Il existe deux catégories de PCB :

- Les PCB « dioxin-like » ou PCB-DL qui sont très proches d'un point de vue chimique et en termes de mode d'action biologique des dioxines et furanes. Ils ne représentent qu'une faible part des PCB totaux (moins de 10 % des congénères) ;
- Les PCB dits par opposition « non dioxin-like » ou PCB-NDL qui ont un mécanisme d'action biologique différent de celui des dioxines et furanes. Parmi eux, six sont utilisés comme indicateurs de l'imprégnation totale par les PCB : les PCB 28, 52, 101, 138, 153 et 180. C'est pourquoi les concentrations sériques de ces six PCB ont été mesurées chez les participants de l'étude Kannari.

Très stables chimiquement, les PCB ont été synthétisés de manière industrielle et commercialisés à partir de 1929. Ils sont principalement utilisés pour leur inertie thermique et

leurs propriétés lubrifiantes. Ils ont également été utilisés dans l'industrie pour leur stabilité chimique et physique, principalement en tant que fluides diélectriques dans les transformateurs et les condensateurs (fluides caloporteurs ou isolants). Ils sont également intervenus dans la fabrication d'encre d'imprimerie, d'adhésifs, de peintures, d'électroaimants, de ballasts des lampes à fluorescence et de systèmes d'éclairage au néon.

Leur présence dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique et liée notamment aux émissions de décharges non contrôlées et non appropriées, à l'épandage de boues d'épuration et aux fuites de transformateurs et condensateurs contenant des PCB [23]. Les PCB sont transportés sur de très longues distances du fait de mécanismes de volatilisation et de dépôt se produisant de façon répétée entre la surface terrestre et l'atmosphère.

Suite à la mise en place de réglementations strictes (décret du 2 février 1987¹⁰ visant à interdire la vente et l'acquisition de PCB ou d'appareils contenant des PCB, décret du 18 janvier 2001¹¹ visant à mettre en œuvre un plan d'élimination et de décontamination des appareils contenant des PCB à l'échéance de fin 2010), les émissions de PCB ont considérablement diminué au cours des vingt dernières années. Cependant, compte tenu de leur très grande stabilité chimique, il persiste certains « réservoirs » résultant de l'élimination incontrôlée de déchets contaminés en PCB qui présentent un risque résiduel de contamination de l'environnement.

Selon la deuxième étude de l'alimentation totale (EAT 2) conduite par l'Anses [24], l'alimentation constitue la principale voie d'exposition de la population générale aux PCB (plus de 90 % de l'exposition totale). Chez les adultes, l'exposition alimentaire aux PCB est principalement liée à la consommation de poisson (environ 37 % de l'exposition), en particulier l'anguille, le barbeau, le saumon, la sardine, le maquereau, le hareng et la truite [24; 25]. Le règlement (CE) n° 1881/2006, abrogé en 2011 par le règlement n°1259/2011⁴, fixe les teneurs maximales en PCB-DL et PCB-NDL dans les denrées alimentaires.

5.1.1.2 Les pesticides organochlorés

Les pesticides organochlorés dont l'hexachlorobenzène (HCB) (CAS n°118-74-1), l'hexacyclohexane (HCH), et le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) (CAS n°50-29-3), ont été commercialisés à partir des années 1940 en tant que fongicides et insecticides à large spectre. Compte tenu de leur persistance dans l'environnement, l'utilisation des pesticides organochlorés est désormais limitée voire interdite en France.

- Le HCB, interdit en France depuis 1988 (Arrêté du 11 août 1987 portant abrogation de divers arrêtés relatifs à la destruction des parasites et des animaux nuisibles¹²), a été aussi bien utilisé dans le domaine agricole et industriel. Il a principalement été utilisé comme fongicide pour le traitement des semences (blé, orge, avoine, seigle), pour le traitement des sols, pour la préservation du bois ou encore pour la production de caoutchouc synthétique (pneus) [26]. Bien qu'il ne soit plus fabriqué ni commercialisé en Europe, le HCB peut être présent à titre d'impureté (sous-produit involontaire) dans la formulation de plusieurs solvants chlorés, notamment certains pesticides (pentachlorophénol et dichlordane) [26; 27].
- Le HCH dit technique contient plusieurs isomères (alpha, bêta, gamma et delta), principalement l'isomère alpha (α). L'isomère gamma (γ) du HCH, plus généralement connu sous le nom de lindane, est le seul isomère qui possède une activité insecticide. Le lindane a été largement utilisé en agriculture pour le traitement des cultures

¹⁰ <http://legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000705522>

¹¹ <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000587241>

¹² https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?cidTexte=JPDF1808198700009440&categorieLien=id

(céréales, colza, lin, arboriculture, cultures maraichères) et des sols, pour la protection du bois et pour le traitement d'ectoparasites humains et animaux (gale, poux, puces et tiques) en médecine vétérinaire et en santé publique. Depuis le 31 décembre 2007, l'HCH, y compris le lindane, n'est plus utilisé ni produit en France et en Europe (règlement n°850/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les polluants organiques persistants et modifiant la directive 79/117/CEE¹³).

- Le DDT est une poudre cristalline incolore dont les propriétés neurotoxiques sur les insectes en ont fait un insecticide très utilisé aussi bien au niveau domestique qu'agricole pour lutter contre les ravageurs de cultures ou les vecteurs de maladies. L'usage du DDT a été partiellement interdit dans de nombreux pays, notamment aux États-Unis et en Europe, à partir des années 1970. Il peut néanmoins être utilisé dans certains pays pour lutter contre le paludisme.

5.1.2 Devenir dans l'organisme

5.1.2.1 Absorption et distribution

La principale voie d'exposition aux composés organochlorés est la voie alimentaire, l'absorption étant alors quasiment complète (comprise entre 80 % et 90 %) [23; 28]. Le passage transcutané du lindane (isomère γ du HCH) est également important (entre 3 % et 56 % en 24 heures).

Compte tenu de leur caractère lipophile, les PCB, le HCB, le HCH et le DDT se distribuent et s'accumulent majoritairement dans les tissus riches en lipides et le foie. Ces substances se retrouvent également dans les muscles, le sang, les poumons, le cerveau, les reins, la thyroïde et le système nerveux périphérique. Elles traversent la barrière placentaire et sont excrétées dans le lait maternel.

5.1.2.2 Métabolisme

Une fois dans l'organisme, les PCB, le HCB, le HCH et le DDT se métabolisent au niveau du foie par des réactions d'oxydation, de déchloration et de conjugaison, catalysées par des mono-oxygénases à cytochrome P450 [23; 28]. La cinétique et le taux de métabolisation est variable selon le degré de chloration des substances ainsi que de la position des atomes de chlore : les moins chlorés étant plus rapidement et mieux métabolisés.

Au niveau hépatique :

- Le HCB est principalement métabolisé en pentachlorophénol, en 2,4,6 trichlorophénols, tétrachlorohydroquinone, etc. ;
- L'isomère bêta (β) du HCH est le moins biodégradable des isomères. L'isomère alpha du HCH peut-être à la fois un sous-produit de la synthèse du lindane (γ -HCH) et, dans une bien moindre mesure, un métabolite du β -HCH. Le lindane est quant à lui principalement métabolisé en trichlorophénols, en mono- et dichlorophénols ;
- Le DDT est principalement métabolisé en 1,1 dichloro-2,2-bis(4-chlorophényl)éthylène (DDE).

¹³ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32004R0850>

5.1.2.3 Élimination

Les principales voies d'élimination des PCB, du HCB, du HCH et du DDT absorbés et métabolisés par l'organisme sont majoritairement urinaire et biliaire.

A l'exception du lindane, la demi-vie d'élimination de ces composés est généralement longue, elle est comprise en moyenne chez l'adulte entre 4 ans (HCB, DDT) et 8 ans (certains PCB, DDE) [29; 30]. La demi-vie du lindane est quant à elle comprise entre 20h et 100h. La demi-vie varie fortement en fonction du degré de chloration des composés mais également en fonction de l'âge et de l'adiposité des individus.

5.1.3 Interprétation des mesures d'imprégnation

Le dosage sérique des PCB, du HCB, du HCH (à l'exception du γ -HCH), du DDT et de leurs métabolites persistants traduit la charge corporelle d'un individu, c'est-à-dire la dose interne accumulée au cours des années antérieures au prélèvement. Dans la plupart des cas, le profil des composés mesurés chez les adultes reflète une charge corporelle d'équilibre atteinte autour de 5 demi-vies des molécules, soit environ 40 ans pour les PCB [3]. Compte tenu de sa demi-vie courte, le dosage sérique du lindane (γ -HCH) reflète quant à lui une exposition récente à ce pesticide.

La présence dans l'organisme de PCB, de HCB, de HCH ou de DDT (et son métabolite DDE) ne signifie pas qu'un effet néfaste sur la santé est attendu. L'interprétation du risque sanitaire associé au niveau de concentration du biomarqueur fait appel à un ensemble de connaissances, issues de la toxicologie, de l'endocrinologie, de l'épidémiologie, de la pharmacocinétique, des études d'exposition et d'évaluation de risques.

Pour les PCB-NDL, l'Anses a proposé en 2011, un seuil critique égal à 1 800 ng de PCB totaux/g de lipides plasmatiques pour la population générale (garçons de plus de trois ans, hommes adultes et femmes de plus de 45 ans) [31]. L'Anses a également proposé un seuil critique de 700 ng de PCB totaux/g lipides pour les femmes enceintes ou en âge de procréer, les femmes allaitantes et les enfants de moins de trois ans, au-delà duquel il existe un risque de troubles du développement neurologique et psychomoteur de l'enfant. Dans ce cadre, la concentration en PCB totaux était évaluée par la somme des concentrations en PCB 138, 153 et 180 rapportées à la matière grasse (ng.g^{-1} de lipides), puis multipliée par un facteur de 1,7.

5.2 Niveaux d'imprégnation

5.2.1 Résultats en Guadeloupe

Pour la Guadeloupe, le dosage des composés organochlorés a été réalisé auprès de 292 participants de l'étude Kannari.

Les distributions (moyenne géométrique et percentiles) des concentrations sériques des composés organochlorés (ajustées ou non sur les lipides sériques) dans la population guadeloupéenne sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

5.2.1.1 Les PCB

o PCB 28

Dans l'étude Kannari, le PCB 28 n'a été quantifié chez aucun des participants en Guadeloupe.

I TABLEAU 17 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 28 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
40-59	142	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
60-88	90	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Homme	105	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
>=30	80	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
LOQ = 3,2 µg.L⁻¹

o PCB 52

Dans l'étude Kannari, le PCB 52 n'a été quantifié chez aucun des participants en Guadeloupe.

I TABLEAU 18 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 52 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
40-59	142	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
60-88	90	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Homme	105	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
>=30	80	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
LOQ = 3,7 µg.L⁻¹

o PCB 101

Dans l'étude Kannari, le PCB 101 a été détecté et quantifié chez respectivement 45,9 % et 19,2 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 101 n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 94,7 ng.L⁻¹ (16,9 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 139,5 ng.L⁻¹ (25,7 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 184,7 ng.L⁻¹.

I TABLEAU 19 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 101 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	73,5	94,7	[72,8 ; 136,7]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	63,5	76,9	[59,7 ; 114,8]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	70,2	84,9	[64,7 ; 98,5]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	87,5	112,4	[70,1 ; 141,4]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	69,2	80,0	[68,4 ; 97,2]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	84,7	113,7	[64,5 ; 144,2]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	69,9	86,1	[59,4 ; 99,0]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	81,1	105,0	[67,0 ; 144,2]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	67,6	79,9	[61,1 ; 118,9]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,3	16,9	[14,5 ; 23,2]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,4	16,7	[11,8 ; 21,0]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	12,6	14,6	[10,8 ; 15,8]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	15,1	19,0	[12,7 ; 23,7]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	12,7	14,9	[12,5 ; 16,2]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	16,0	19,5	[14,2 ; 23,8]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,2	16,5	[12,3 ; 17,7]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,8	18,0	[13,1 ; 23,6]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	11,7	14,5	[10,6 ; 21,3]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB 118

Dans l'étude Kannari, le PCB 118 a été détecté et quantifié chez respectivement 59,2 % et 38,0 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 118 n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 201,7 ng.L⁻¹ (33,0 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 444,0 ng.L⁻¹ (62,4 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 1 697,3 ng.L⁻¹ (227,5 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 20 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 118 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	67,3	148,6	201,7	[148,2 ; 305,4]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	71,7	90,1	[41,1 ; 122,1]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	104,1	132,1	[89,6 ; 143,1]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	62,7	155,4	265,0	365,7	[205,9 ; 479,1]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	77,4	146,3	243,2	[144,4 ; 457,3]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	137,6	181,6	[110,4 ; 288,4]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	119,6	198,0	[99,9 ; 460,7]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	132,4	211,5	[133,6 ; 412,3]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	102,6	169,8	210,7	[148,0 ; 296,9]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	67,3	24,4	33,0	[26,3 ; 47,3]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	12,8	17,2	[7,4 ; 24,0]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	16,9	21,0	[15,5 ; 23,9]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	62,7	25,4	40,2	51,6	[34,5 ; 63,4]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	14,1	26,9	41,2	[26,3 ; 61,8]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	67,3	20,6	26,6	[18,5 ; 32,4]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	22,6	30,1	[19,0 ; 49,9]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	21,7	35,9	[19,1 ; 53,6]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	17,0	27,2	32,1	[23,5 ; 39,4]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB138 + p,p'-DDT

Dans l'étude Kannari, le PCB 138 a été dosé avec le p,p'-DDT. Le PCB138 + p,p'-DDT a été détecté et quantifié chez respectivement 84,6 % et 78,8 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB138 + p,p'-DDT est égale à 95 ng.L⁻¹, soit 17,7 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 944 ng.L⁻¹ (136,9 ng.g⁻¹ de lipides) et la valeur maximale observée est égale à 2 900 ng.L⁻¹ (388,2 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 21 I

Distributions des concentrations sériques de PCB138 + p,p'-DDT dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	95	[70 ; 128]	<LOD	<LOQ	117	329	681	944	[676 ; 1 325]
Âge (ans)										
19-39	60	27	[16 ; 47]	<LOD	<LOD	<LOQ	71	222	346	[88 ; 517]
40-59	142	107	[77 ; 147]	<LOD	<LOQ	125	224	440	548	[439 ; 724]
60-88	90	329	[229 ; 463]	85	186	363	731	1 049	1 287	[922 ; 1 517]
Sexe										
Femme	187	94	[65 ; 135]	<LOD	<LOQ	119	280	652	982	[659 ; 1 510]
Homme	105	97	[59 ; 160]	<LOD	<LOQ	117	395	721	901	[518 ; 1 040]
IMC (kg/m²)										
<25	98	68	[41 ; 114]	<LOD	<LOD	76	285	616	942	[515 ; 1 484]
[25 ; 30[	105	169	[119 ; 235]	<LOQ	93	194	367	607	809	[584 ; 1 310]
>=30	80	74	[40 ; 147]	<LOD	<LOD	73	336	787	918	[528 ; 1 041]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	17,7	[13,2 ; 23,7]	<LOD	<LOQ	22,3	58,5	115,9	136,9	[119,4 ; 177,5]
Âge (ans)										
19-39	60	5,4	[3,3 ; 9,7]	<LOD	<LOD	<LOQ	14,1	43,4	73,5	[18,0 ; 127,4]
40-59	142	19,2	[13,9 ; 26,1]	<LOD	<LOQ	23,0	38,6	67,4	84,9	[62,3 ; 147,5]
60-88	90	58,5	[42,7 ; 77,7]	17,2	38,0	65,7	111,0	148,0	179,7	[136,4 ; 215,4]
Sexe										
Femme	187	17,4	[12,1 ; 24,8]	<LOD	<LOQ	22,6	50,9	107,0	150,0	[101,9 ; 198,1]
Homme	105	18,2	[11,3 ; 29,4]	<LOD	<LOQ	23,1	67,2	114,7	127,4	[91,3 ; 144,7]
IMC (kg/m²)										
<25	98	13,4	[8,2 ; 22,3]	<LOD	<LOD	15,4	52,1	117,8	147,2	[96,1 ; 192,4]
[25 ; 30[	105	31,3	[22,8 ; 42,3]	<LOQ	17,3	38,3	62,4	91,2	128,3	[89,8 ; 202,6]
>=30	80	13,0	[7,1 ; 24,9]	<LOD	<LOD	13,8	57,8	112,8	125,3	[92,7 ; 138,9]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ PCB 153

Dans l'étude Kannari, le PCB 153 a été détecté et quantifié chez respectivement 95,2 % et 88,7 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 153 est égale à 168 ng.L⁻¹, soit 31,4 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 1 351 ng.L⁻¹ (183,4 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 1 998 ng.L⁻¹ (287,0 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 2 999 ng.L⁻¹ (494,2 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 22 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 153 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	168	[128 ; 221]	<LOQ	66	204	451	931	1 351	[902 ; 1 748]
Âge (ans)										
19-39	60	47	[34 ; 65]	<LOD	<LOQ	<LOQ	88	135	227	[104 ; 507]
40-59	142	199	[143 ; 270]	<LOQ	129	235	348	658	842	[629 ; 1 062]
60-88	90	559	[440 ; 717]	208	341	541	996	1 483	1 751	[1405 ; 2 128]
Sexe										
Femme	187	166	[119 ; 230]	<LOQ	62	214	415	844	1 328	[874 ; 1 932]
Homme	105	174	[109 ; 273]	<LOQ	71	190	518	1 026	1 281	[766 ; 1 651]
IMC (kg/m²)										
<25	98	118	[77 ; 183]	<LOD	<LOQ	108	324	820	1 273	[709 ; 1 960]
[25 ; 30[	105	303	[235 ; 387]	89	184	319	538	875	1 242	[827 ; 1 628]
>=30	80	134	[75 ; 252]	<LOD	<LOQ	148	479	1 023	1 225	[612 ; 1 501]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	31,4	[24,3 ; 40,6]	<LOQ	12,9	40,6	80,4	152,0	183,4	[146,2 ; 249,3]
Âge (ans)										
19-39	60	9,6	[7,0 ; 13,2]	<LOD	<LOQ	<LOQ	17,5	27,5	43,5	[25,0 ; 90,7]
40-59	142	35,7	[25,5 ; 48,4]	<LOQ	24,1	44,5	61,8	104,8	138,5	[86,8 ; 163,7]
60-88	90	99,3	[82,6 ; 119,6]	45,6	67,0	98,8	156,3	203,4	249,2	[182,5 ; 296,9]
Sexe										
Femme	187	30,7	[22,2 ; 42,3]	<LOQ	12,0	39,7	78,4	145,1	194,2	[144,3 ; 256,8]
Homme	105	32,6	[21,4 ; 49,0]	<LOQ	13,7	41,2	85,0	151,7	173,3	[141,4 ; 192,0]
IMC (kg/m²)										
<25	98	23,1	[15,5 ; 35,0]	<LOD	9,0	22,6	63,5	142,4	191,9	[123,3 ; 255,4]
[25 ; 30[	105	56,2	[44,8 ; 69,5]	18,0	37,3	61,8	87,1	143,8	186,1	[144,1 ; 289,1]
>=30	80	23,5	[13,4 ; 43,0]	<LOD	<LOQ	27,9	85,5	147,0	166,6	[120,2 ; 186,5]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ PCB 180

Dans l'étude Kannari, le PCB 180 a été détecté et quantifié chez respectivement 90,4 % et 83,2 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 153 est égale à 120 ng.L⁻¹, soit 22,4 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 1 125 ng.L⁻¹ (155,0 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 1 540 ng.L⁻¹ (228,8 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 2 357 ng.L⁻¹.

I TABLEAU 23 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 180 dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	120	[89 ; 162]	<LOD	<LOQ	158	386	775	1 125	[720 ; 1 323]
Âge (ans)										
19-39	60	25	[18 ; 36]	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	90	158	[83 ; 320]
40-59	142	159	[119 ; 209]	<LOQ	102	169	292	535	676	[477 ; 926]
60-88	90	481	[386 ; 605]	201	313	470	851	1 216	1374	[1 136 ; 1 708]
Sexe										
Femme	187	104	[72 ; 152]	<LOD	<LOQ	143	337	642	1 012	[610 ; 1 353]
Homme	105	148	[91 ; 238]	<LOD	<LOQ	186	479	890	1 098	[700 ; 1 342]
IMC (kg/m²)										
<25	98	91	[<LOQ ; 144]	<LOD	<LOQ	92	305	687	1 050	[589 ; 1 411]
[25 ; 30[	105	226	[157 ; 312]	<LOQ	140	294	476	722	1 005	[683 ; 1 197]
>=30	80	82	[<LOQ ; 165]	<LOD	<LOQ	90	336	821	1 024	[430 ; 1 346]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	22,4	[16,8 ; 29,9]	<LOD	<LOQ	29,8	74,0	124,9	155,0	[128,6 ; 179,8]
Âge (ans)										
19-39	60	5,1	[3,8 ; 7,2]	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	16,8	30,7	[14,4 ; 60,0]
40-59	142	28,5	[21,2 ; 37,6]	<LOQ	18,6	31,8	55,0	86,0	110,4	[75,9 ; 144,8]
60-88	90	85,5	[71,5 ; 101,7]	38,0	61,1	93,1	131,5	166,0	193,7	[159,2 ; 260,6]
Sexe										
Femme	187	19,3	[13,3 ; 27,9]	<LOD	<LOQ	26,5	63,0	112,0	150,6	[108,7 ; 184,6]
Homme	105	27,8	[17,8 ; 43,0]	<LOD	<LOQ	37,3	87,5	133,5	151,2	[120,3 ; 160,6]
IMC (kg/m²)										
<25	98	17,8	[11,7 ; 27,4]	<LOD	<LOQ	17,3	61,1	115,6	154,8	[106,1 ; 188,5]
[25 ; 30[	105	41,8	[29,7 ; 56,9]	<LOQ	26,4	54,7	86,6	119,6	148,3	[118,3 ; 212,3]
>=30	80	14,4	[7,8 ; 28,1]	<LOD	<LOQ	16,7	59,9	119,8	140,7	[87,4 ; 157,7]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

- PCB totaux

La concentration en PCB totaux a été estimée en calculant la somme des concentrations en PCB 138, 153 et 180 rapportées à la matière grasse (ng.g⁻¹ de lipides), puis multipliée par un facteur de 1,7. Dans l'étude Kannari, le PCB 138 a été dosé avec le p,p'-DDT. Pour le calcul des concentrations en PCB totaux, les niveaux d'imprégnation par les PCB138 ont été estimés à partir des résultats co-élués, le PCB138 représentant 85,6 % +/- 6,2% de la concentration totale de PCB138 + p,p'-DDT. Les résultats présentés ci-dessous sont donc à considérer à titre indicatif uniquement.

I TABLEAU 24 I

Distributions des concentrations sériques de PCB totaux dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides									
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Total	292	249	[219 ; 280]	29	53	183	336	596	756
Âge (ans)									
19-39	55	79	[55 ; 103]	16	23	50	94	197	197
40-59	146	207	[175 ; 238]	43	90	179	252	382	551
60-88	91	491	[430 ; 552]	218	284	410	670	804	1 053
Sexe									
Femme	187	242	[201 ; 283]	22	43	152	306	548	709
Homme	105	258	[212 ; 305]	38	64	197	353	628	756
IMC (kg/m²)									
<25	98	223	[169 ; 276]	34	51	145	209	618	733
[25 ; 30[	105	312	[260 ; 364]	72	140	252	385	589	709
>=30	80	216	[160 ; 272]	16	29	92	292	756	756

5.2.1.2 Pesticides organochlorés

○ α-HCH

Dans l'étude Kannari, le α-HCH a été détecté et quantifié chez respectivement 31,8 % et 24,0 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le α-HCH n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 781,7 ng.L⁻¹ (143,2 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 1 384,0 ng.L⁻¹ (261,0 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 3 137,2 ng.L⁻¹ (974,6 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 25 I

Distributions des concentrations sériques de α-HCH dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	460,9	781,7	[462,2 ; 1059,6]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	72,9	451,2	637,1	[82,4 ; 904,8]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	165,7	424,3	[67,8 ; 886,1]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	166,9	580,6	949,7	[381,6 ; 1 593,3]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	85,8	489,4	720,6	[399,7 ; 875,4]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	367,0	790,7	[150,7 ; 1 334,8]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	400,3	665,7	[154,1 ; 857,1]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	87,7	441,4	834,4	[239,9 ; 1 366,2]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	77,5	453,9	684,9	[143,1 ; 1 476,7]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	84,1	143,2	[87,8 ; 220,7]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	13,9	81,7	115,7	[19,9 ; 174,6]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	30,4	81,3	[12,2 ; 163,6]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	31,2	113,9	186,6	[73,4 ; 287,3]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	17,1	92,5	138,5	[74,7 ; 164,0]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	65,3	143,6	[29,9 ; 246,9]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	72,0	120,0	[32,6 ; 156,6]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	17,2	83,3	158,4	[48,3 ; 252,8]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	14,2	84,2	135,4	[23,0 ; 299,5]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ β-HCH

Dans l'étude Kannari, le β-HCH a été détecté et quantifié chez respectivement 62,3 % et 48,6 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le β-HCH n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 524,2 ng.L⁻¹ (95,7 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 2 656,8 ng.L⁻¹ (461,4 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 10 123,6 ng.L⁻¹ (1 884,3 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 26 I

Distributions des concentrations sériques de β-HCH dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	124,6	331,6	524,2	[364,5 ; 718,4]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	170,6	370,7	[86,0 ; 1 980,6]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	121,2	243,9	388,0	[216,8 ; 509,9]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	86,8	237,8	542,9	1 060,8	[492,1 ; 1 783,0]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	133,9	402,1	607,5	[439,5 ; 1 475,2]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	115,8	258,7	393,8	[220,0 ; 994,4]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	136,3	305,5	[110,7 ; 1 031,0]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	145,8	320,1	586,7	[265,4 ; 1 693,6]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	77,7	251,4	460,0	714,0	[438,0 ; 1 671,6]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	22,7	62,7	95,7	[67,6 ; 123,3]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	33,5	66,4	[15,6 ; 343,7]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	20,0	48,6	73,2	[43,8 ; 105,7]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	14,9	44,9	98,4	160,2	[87,3 ; 385,9]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	24,8	72,1	111,8	[69,3 ; 196,2]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	21,5	46,3	71,5	[39,5 ; 135,5]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	27,7	62,1	[19,6 ; 164,1]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	28,1	58,4	90,4	[49,4 ; 171,0]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	13,9	44,8	88,2	133,3	[69,3 ; 391,9]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ γ-HCH

Dans l'étude Kannari, le γ-HCH (lindane) a été détecté et quantifié chez respectivement 91,8 % et 66,1 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le γ-HCH est égale à 58,8 ng.L⁻¹, soit 11,0 ng.g⁻¹ de lipides.

Cinq pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 161,1 ng.L⁻¹ (31,6 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 294,5 ng.L⁻¹ (72,4 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 27 I

Distributions des concentrations sériques de γ-HCH dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	58,8	[50,7 ; 67,8]	<LOD	<LOQ	71,0	97,9	127,6	161,1	[119,7 ; 253,5]
Âge (ans)										
19-39	60	65,9	[48,3 ; 89,3]	<LOD	<LOQ	75,6	114,8	163,5	200,3	[116,9 ; 273,8]
40-59	142	52,6	[42,2 ; 64,5]	<LOD	<LOQ	65,4	90,3	102,4	120,0	[99,6 ; 159,1]
60-88	90	58,8	[47,7 ; 70,6]	<LOD	<LOQ	69,7	89,9	115,2	130,0	[110,4 ; 169,5]
Sexe										
Femme	187	54,0	[43,6 ; 66,9]	<LOD	<LOQ	64,4	95,5	141,7	181,7	[117,3 ; 270,3]
Homme	105	66,1	[55,4 ; 77,4]	<LOQ	<LOQ	76,3	98,8	115,0	129,9	[111,1 ; 163,2]
IMC (kg/m²)										
<25	98	60,0	[45,9 ; 78,2]	<LOD	<LOQ	73,6	103,0	139,6	187,1	[113,3 ; 278,6]
[25 ; 30[	105	58,8	[48,1 ; 70,3]	<LOQ	<LOQ	71,5	92,5	111,9	125,0	[108,0 ; 140,1]
>=30	80	57,1	[42,6 ; 75,4]	<LOD	<LOQ	63,7	97,8	144,0	159,0	[116,7 ; 173,6]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	11,0	[9,3 ; 12,8]	<LOD	<LOQ	12,7	19,5	25,8	31,6	[25,2 ; 45,6]
Âge (ans)										
19-39	60	13,4	[9,7 ; 18,4]	<LOD	<LOQ	14,7	24,6	33,4	42,0	[26,6 ; 63,0]
40-59	142	9,4	[7,3 ; 12,0]	<LOD	<LOQ	11,5	17,8	21,0	25,3	[20,2 ; 33,6]
60-88	90	10,5	[8,4 ; 12,8]	<LOD	<LOQ	12,5	18,2	20,9	22,9	[19,5 ; 24,6]
Sexe										
Femme	187	10,0	[7,9 ; 12,7]	<LOD	<LOQ	11,6	18,9	27,1	35,6	[23,4 ; 56,6]
Homme	105	12,4	[10,2 ; 15,0]	<LOQ	<LOQ	14,2	20,1	24,7	27,2	[22,9 ; 33,4]
IMC (kg/m²)										
<25	98	11,8	[8,8 ; 15,7]	<LOD	<LOQ	13,5	21,0	30,2	39,5	[24,6 ; 61,7]
[25 ; 30[	105	10,9	[8,7 ; 13,4]	<LOQ	<LOQ	13,0	19,2	23,0	25,7	[21,3 ; 29,6]
>=30	80	10,0	[7,3 ; 13,5]	<LOD	<LOQ	10,8	18,5	25,1	29,3	[19,3 ; 34,4]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ HCB

Dans l'étude Kannari, le HCB a été détecté et quantifié chez respectivement 27,1 % et 12,0 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le HCB n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 88,5 ng.L⁻¹ (15,5 ng.g⁻¹ de lipides) et la valeur maximale est égale à 6 937 ng.L⁻¹ (844,2 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 28 I

Distributions des concentrations sériques de HCB dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	88,5	[52,9 ; 124,3]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	66,2	[24,1 ; 110,0]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	103,2	169,7	[63,0 ; 259,5]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	69,9	119,2	[60,4 ; 234,7]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	92,6	[25,4 ; 176,4]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	87,5	[41,5 ; 253,1]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	69,7	[32,5 ; 112,7]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	15,5	[9,0 ; 21,0]
Âge (ans)										
19-39	60	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	142	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	10,6	[4,2 ; 16,1]
60-88	90	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	17,9	25,8	[13,3 ; 33,5]
Sexe										
Femme	187	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	12,5	19,8	[11,7 ; 32,3]
Homme	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
IMC (kg/m²)										
<25	98	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	15,6	[4,8 ; 24,5]
[25 ; 30[	105	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	13,5	[7,1 ; 24,4]
>=30	80	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	13,4	[5,9 ; 20,7]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ p,p'-DDE

Dans l'étude Kannari, le p,p'-DDE a été détecté et quantifié chez respectivement 99,3 % et 96,2 % des participants en Guadeloupe. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le p,p'-DDE est égale à 646 ng.L⁻¹, soit 120,6 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 7 205 ng.L⁻¹ (1 533,2 ng.g⁻¹ de lipides) et la valeur maximale observée est égale à 46 151 ng.L⁻¹ (6 424,3 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 29 I

Distributions des concentrations sériques de p,p'-DDE dans la population adulte guadeloupéenne (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	646	[497 ; 846]	100	238	570	1 935	4 928	7 205	[4 944 ; 10 806]
Âge (ans)										
19-39	60	227	[135 ; 415]	<LOQ	90	201	532	1 624	2 973	[563 ; 5 925]
40-59	142	750	[564 ; 997]	196	336	699	1 594	3 016	4 902	[2 628 ; 8 898]
60-88	90	1 712	[1 152 ; 2 567]	327	648	1 879	3 910	7 997	12 309	[7 019 ; 17 255]
Sexe										
Femme	187	761	[545 ; 1 064]	99	292	772	2 437	5 273	8 278	[5 546 ; 15 469]
Homme	105	516	[338 ; 810]	102	209	445	1 339	3 526	5 298	[2 364 ; 8 511]
IMC (kg/m²)										
<25	98	478	[283 ; 829]	<LOQ	140	446	1 855	5 474	6 980	[3 782 ; 10 460]
[25 ; 30[	105	880	[633 ; 1227]	219	344	879	2 137	3 858	6 112	[3 569 ; 8 435]
>=30	80	672	[428 ; 1 103]	115	279	522	1 767	4 479	8 802	[3 499 ; 16 989]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	292	121	[93 ; 159]	18	45	104	336	897	1 533	[845 ; 2 169]
Âge (ans)										
19-39	60	46	[27 ; 87]	<LOQ	17	39	107	350	677	[127 ; 1 439]
40-59	142	135	[101 ; 179]	33	58	133	268	570	986	[467 ; 2 056]
60-88	90	304	[206 ; 457]	61	107	336	696	1 472	2 369	[1 143 ; 3 438]
Sexe										
Femme	187	141	[101 ; 197]	18	50	148	442	913	1 626	[962 ; 2 785]
Homme	105	97	[64 ; 155]	19	42	77	248	656	1 106	[385 ; 1 793]
IMC (kg/m²)										
<25	98	94	[55 ; 165]	<LOQ	27	82	378	1 038	1 471	[729 ; 2 182]
[25 ; 30[	105	163	[121 ; 221]	45	66	172	347	661	1 114	[605 ; 1 762]
>=30	80	119	[74 ; 200]	19	47	91	311	940	1 812	[734 ; 3 333]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

5.2.2 Résultats en Martinique

Pour la Martinique, le dosage des composés organochlorés a été réalisé auprès de 450 participants à l'étude Kannari.

Les distributions (moyenne géométrique et percentiles) des concentrations sériques des composés organochlorés (ajustées ou non sur les lipides sériques) dans la population martiniquaise sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

5.2.2.1 Les PCB

o PCB 28

Dans l'étude Kannari, le PCB 28 n'a été quantifié chez aucun des participants en Martinique.

I TABLEAU 30 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 28 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
40-59	215	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
60-88	162	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Homme	178	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
>=30	137	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
LOQ = 3,2 µg.L⁻¹

o PCB 52

Dans l'étude Kannari, le PCB 52 n'a été quantifié chez aucun des participants en Martinique.

I TABLEAU 31 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 52 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
40-59	215	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
60-88	162	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
Homme	178	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]
>=30	137	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[<LOQ ; <LOQ]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
LOQ = 3,7 µg.L⁻¹

o PCB 101

Dans l'étude Kannari, le PCB 101 a été détecté et quantifié chez respectivement 58,7 % et 22,7 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 101 n'a pas pu être calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 87,5 ng.L⁻¹ (17,5 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 134,5 ng.L⁻¹ (28,3 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 303,2 ng.L⁻¹ (56,9 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 32 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 101 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	71,3	87,5	[77,2 ; 100,9]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	68,4	[<LOQ ; 86,8]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	62,9	80,4	[66,4 ; 93,5]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	84,7	106,7	[82,3 ; 128,6]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	63,0	82,9	[65,8 ; 110,8]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	76,6	91,1	[78,0 ; 120,0]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	67,0	78,5	[67,6 ; 87,1]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	80,6	103,5	[76,1 ; 127,1]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	82,4	[62,1 ; 97,6]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	13,8	17,5	[15,1 ; 19,1]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	14,8	[10,7 ; 17,5]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	12,5	15,6	[12,7 ; 19,1]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	16,2	20,5	[15,9 ; 26,5]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	12,1	15,7	[12,5 ; 18,7]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	15,3	18,3	[15,5 ; 24,6]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	13,3	15,7	[12,9 ; 18,7]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	16,2	19,9	[15,6 ; 25,6]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	15,1	[11,7 ; 19,2]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB 118

Dans l'étude Kannari, le PCB 118 a été détecté et quantifié chez respectivement 65,3 % et 35,3 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 118 n'a pas pu être calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 175,4 ng.L⁻¹ (30,9 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 270,9 ng.L⁻¹ (45,1 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 619,9 ng.L⁻¹ (96,6 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 33 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 118 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	78	150	175	[162 ; 204]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	62	92	120	[91 ; 168]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	92	153	198	246	[201 ; 276]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	93	157	201	[163 ; 256]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	119	157	[95 ; 179]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	123	160	[98 ; 182]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	92	147	185	[144 ; 268]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	88	152	196	[152 ; 251]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	14,0	24,2	30,9	[25,8 ; 38,4]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	11,1	16,4	18,6	[15,6 ; 23,7]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	16,4	25,3	34,9	42,0	[32,9 ; 45,7]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	16,0	25,1	31,9	[25,8 ; 41,3]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	21,1	28,8	[18,9 ; 39,8]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	21,0	28,8	[17,1 ; 41,0]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	17,1	24,3	30,5	[23,3 ; 42,1]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	15,3	24,4	31,7	[23,2 ; 38,0]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB138 + p,p'-DDT

Dans l'étude Kannari, le PCB 138 a été dosé avec le p,p'-DDT. Le PCB138 + p,p'-DDT a été détecté et quantifié chez respectivement 90,0 % et 81,8 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB138 + p,p'-DDT est égale à 118,6 ng.L⁻¹, soit 21,7 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 828,1 ng.L⁻¹ (138,3 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 1 630,4 ng.L⁻¹ (254,3 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 2 545,1 ng.L⁻¹ (378,4 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 34 I

Distributions des concentrations sériques de PCB138 + p,p'-DDT dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	119	[93 ; 150]	<LOD	<LOQ	146	352	594	828	[631 ; 1 056]
Âge (ans)										
19-39	73	28	[20 ; 39]	<LOD	<LOD	<LOQ	71	109	129	[102 ; 147]
40-59	215	141	[118 ; 167]	<LOQ	97	154	249	386	449	[402 ; 520]
60-88	162	380	[303 ; 465]	132	249	415	634	966	1 322	[896 ; 2 194]
Sexe										
Femme	272	135	[97 ; 183]	<LOD	62	172	404	632	802	[640 ; 1 041]
Homme	178	102	[718 ; 145]	<LOD	<LOQ	119	307	487	838	[432 ; 1 284]
IMC (kg/m²)										
<25	145	101	[69 ; 145]	<LOD	<LOQ	121	344	559	744	[535 ; 983]
[25 ; 30[	156	157	[106 ; 224]	<LOQ	88	174	380	663	942	[589 ; 1 454]
>=30	137	113	[69 ; 185]	<LOD	<LOQ	148	300	585	856	[551 ; 1 477]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	21,7	[17,2 ; 27,2]	<LOD	<LOQ	28,2	57,8	99,5	138,3	[102,3 ; 208,3]
Âge (ans)										
19-39	73	5,5	[3,9 ; 7,8]	<LOD	<LOD	<LOQ	15,2	20,2	25,3	[18,5 ; 33,2]
40-59	215	25,8	[21,7 ; 30,4]	<LOQ	17,7	29,2	42,7	64,5	81,7	[63,7 ; 89,1]
60-88	162	64,9	[51,6 ; 79,2]	26,6	43,4	72,1	103,1	167,9	219,6	[151,7 ; 311,6]
Sexe										
Femme	272	24,6	[18,1 ; 32,9]	<LOD	12,1	33,3	67,9	100,5	123,8	[101,4 ; 169,5]
Homme	178	18,6	[13,0 ; 26,4]	<LOD	<LOQ	22,4	48,9	92,1	157,9	[83,7 ; 214,1]
IMC (kg/m²)										
<25	145	18,7	[12,9 ; 26,6]	<LOD	<LOQ	23,5	56,5	93,8	129,9	[86,1 ; 204,2]
[25 ; 30[	156	28,5	[19,4 ; 40,0]	<LOQ	17,2	33,1	65,9	107,8	151,4	[99,9 ; 247,2]
>=30	137	20,3	[12,7 ; 32,6]	<LOD	<LOQ	27,3	49,6	98,2	136,5	[92,6 ; 221,1]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB 153

Dans l'étude Kannari, le PCB 153 a été détecté et quantifié chez respectivement 97,6 % et 94,0 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 153 est égale à 238,4 ng.L⁻¹, soit 43,6 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 1 167,4 ng.L⁻¹ (195,4 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 2 133,6 ng.L⁻¹ (353,0 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 3 252,0 ng.L⁻¹.

I TABLEAU 35 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 153 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	238	[194 ; 291]	<LOQ	114	258	583	895	1 167	[912 ; 1458]
Âge (ans)										
19-39	73	70	[52 ; 97]	<LOD	<LOQ	77	121	177	283	[154 ; 730]
40-59	215	279	[244 ; 320]	130	173	277	465	588	742	[595 ; 882]
60-88	162	626	[527 ; 733]	252	422	696	894	1 359	1 818	[1 254 ; 2 508]
Sexe										
Femme	272	229	[170 ; 301]	<LOQ	106	287	580	878	1 025	[885 ; 1 248]
Homme	178	253	[192 ; 332]	64	125	235	584	951	1 346	[877 ; 1 818]
IMC (kg/m²)										
<25	145	245	[183 ; 325]	61	117	249	614	883	1 156	[831 ; 1 550]
[25 ; 30[	156	267	[178 ; 377]	<LOQ	146	305	626	931	1 253	[887 ; 2 107]
>=30	137	204	[139 ; 304]	<LOQ	84	233	501	843	1 128	[738 ; 1 667]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	43,6	[35,8 ; 52,6]	<LOQ	21,8	48,2	101,2	151,8	195,4	[160,8 ; 287,9]
Âge (ans)										
19-39	73	13,8	[10,0 ; 19,1]	<LOQ	<LOQ	14,8	24,5	40,3	52,7	[33,0 ; 103,8]
40-59	215	51,1	[44,8 ; 58,5]	24,0	34,0	48,0	83,7	108,4	117,0	[106,7 ; 134,9]
60-88	162	106,9	[89,9 ; 125,1]	49,6	75,9	108,4	156,1	238,6	315,4	[212,5 ; 378,1]
Sexe										
Femme	272	41,7	[31,5 ; 54,2]	<LOQ	21,0	51,5	101,8	143,4	167,4	[144,6 ; 224,6]
Homme	178	46,3	[35,3 ; 60,0]	12,1	23,2	46,4	97,4	165,4	240,1	[160,5 ; 329,9]
IMC (kg/m²)										
<25	145	45,5	[34,3 ; 59,7]	11,2	23,5	47,4	103,5	151,4	204,2	[142,6 ; 321,9]
[25 ; 30[	156	48,4	[32,7 ; 67,5]	<LOQ	28,1	58,1	102,9	165,1	219,6	[155,0 ; 352,6]
>=30	137	36,8	[25,7 ; 53,2]	<LOQ	16,6	42,6	89,1	129,7	163,0	[119,9 ; 232,3]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

o PCB 180

Dans l'étude Kannari, le PCB 180 a été détecté et quantifié chez respectivement 94,2 % et 88,4 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le PCB 180 est égale à 169,1 ng.L⁻¹, soit 30,9 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 997,3 ng.L⁻¹ (173,7 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 1 799,7 ng.L⁻¹ (302,2 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 3 199,8 ng.L⁻¹ (626,9 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 36 I

Distributions des concentrations sériques de PCB 180 dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	169	[133 ; 214]	<LOQ	70	218	495	757	997	[799 ; 1390]
Âge (ans)										
19-39	73	35	[26 ; 48]	<LOD	<LOD	<LOQ	69	110	147	[101 ; 267]
40-59	215	225	[190 ; 265]	90	139	240	401	517	614	[516 ; 828]
60-88	162	533	[455 ; 618]	217	362	549	777	1 224	1 602	[1 101 ; 2 044]
Sexe										
Femme	272	154	[112 ; 211]	<LOD	67	205	479	725	839	[735 ; 1 081]
Homme	178	191	[134 ; 272]	<LOQ	79	233	502	834	1 296	[775 ; 1 653]
IMC (kg/m²)										
<25	145	208	[152 ; 281]	<LOQ	81	264	532	802	1 137	[762 ; 1 514]
[25 ; 30[	156	202	[131 ; 300]	<LOQ	108	257	537	810	1 081	[783 ; 1 715]
>=30	137	103	[65 ; 168]	<LOD	<LOQ	133	333	528	714	[499 ; 1 190]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	30,9	[24,5 ; 38,7]	<LOQ	14,7	39,5	85,4	126,7	173,7	[132,2 ; 252,5]
Âge (ans)										
19-39	73	6,9	[5,1 ; 9,5]	<LOQ	<LOD	<LOQ	15,4	21,2	25,8	[20,9 ; 49,1]
40-59	215	41,2	[35,0 ; 48,4]	16,5	26,0	41,7	74,6	97,6	105,4	[97,6 ; 117,4]
60-88	162	91,0	[77,8 ; 105,9]	40,1	61,0	92,1	132,9	211,9	276,1	[183,6 ; 325,2]
Sexe										
Femme	272	28,2	[20,7 ; 37,9]	<LOD	13,3	36,2	82,5	118,2	139,2	[117,6 ; 180,6]
Homme	178	35,0	[24,6 ; 49,3]	<LOQ	16,1	43,2	87,5	149,4	228,6	[138,4 ; 322,1]
IMC (kg/m²)										
<25	145	38,6	[28,8 ; 51,3]	<LOQ	17,6	45,5	94,0	137,4	196,8	[127,2 ; 322,6]
[25 ; 30[	156	36,6	[23,9 ; 53,8]	<LOQ	19,9	50,3	91,9	139,5	190,0	[130,0 ; 274,7]
>=30	137	18,6	[11,9 ; 29,7]	<LOD	<LOQ	24,0	56,3	89,9	111,7	[86,342 ; 163,8]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

- PCB totaux

La concentration en PCB totaux a été estimée en calculant la somme des concentrations en PCB 138, 153 et 180 rapportées à la matière grasse (ng.g⁻¹ de lipides), puis multipliée par un facteur de 1,7. Dans l'étude Kannari, le PCB 138 a été dosé avec le p,p'-DDT. Pour le calcul des concentrations en PCB totaux, les niveaux d'imprégnation par les PCB138 ont été estimés à partir des résultats co-élués, le PCB138 représentant 85,6 % +/- 6,2% de la concentration totale de PCB138 + p,p'-DDT. Les résultats présentés ci-dessous sont donc à considérer à titre indicatif uniquement.

I TABLEAU 37 I

Distributions des concentrations sériques de PCB totaux dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides									
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95
Total	450	284	[257 ; 311]	37	79	187	392	632	749
Âge (ans)									
19-39	73	72	[59 ; 86]	14	33	62	82	144	206
40-59	207	243	[222 ; 265]	92	130	192	359	459	459
60-88	170	527	[475 ; 579]	187	308	442	633	963	1 460
Sexe									
Femme	272	274	[243; 305]	33	75	192	419	626	686
Homme	178	295	[247 ; 343]	61	82	176	376	639	1 001
IMC (kg/m²)									
<25	145	296	[249 ; 343]	55	86	193	449	633	728
[25 ; 30[	156	297	[253 ; 341]	24	100	232	398	622	768
>=30	137	211	[176 ; 246]	27	68	155	299	474	596

5.2.2.2 Pesticides organochlorés

○ α-HCH

Dans l'étude Kannari, le α-HCH a été détecté et quantifié chez respectivement 36,2 % et 6,4 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le α-HCH n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 144,2 ng.L⁻¹ (28,7 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 847,7 ng.L⁻¹ (148,3 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 2 831,5 ng.L⁻¹ (509,1 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 38 I

Distributions des concentrations sériques de α-HCH dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	n	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	77,1	144,2	[72,7 ; 286,3]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	93,9	112,0	[48,1 ; 124,8]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	131,8	437,7	[67,1 ; 803,5]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	62,6	[42,3 ; 182,6]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	79,3	175,2	[55,1 ; 359,3]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	69,4	127,9	[50,8 ; 570,4]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	92,1	[42,8 ; 511,8]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	77,0	249,4	[51,2 ; 1 118,9]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	105,9	203,0	[60,2 ; 765,4]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	n	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	15,3	28,7	[15,1 ; 65,5]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	17,8	21,4	[10,3 ; 26,5]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	27,2	90,7	[13,2 ; 151,1]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	8,7	12,1	[7,7 ; 26,7]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,3	32,5	[11,8 ; 86,4]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	29,3	[9,9 ; 119,9]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	18,5	[8,4 ; 103,9]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,3	44,2	[10,1 ; 158,6]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	22,9	41,3	[12,0 ; 122,1]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ β-HCH

Dans l'étude Kannari, le β-HCH a été détecté et quantifié chez respectivement 64,7 % et 56,7 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le β-HCH n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 1 182,3 ng.L⁻¹ (207,7 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 2 534,3 ng.L⁻¹ (426,4 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 4 882,6 ng.L⁻¹.

I TABLEAU 39 I

Distributions des concentrations sériques de β-HCH dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	80	207	694	1 182	[808 ; 1 833]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	93	124	150	[109 ; 180]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	167	307	477	[317 ; 680]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	265	770	1 529	2 135	[1 413 ; 2 856]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	95	363	1 068	1 661	[1 087 ; 2 151]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	156	280	473	[230 ; 703]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	80	173	358	568	[321 ; 835]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	67	284	891	1 367	[779 ; 2 080]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	79	313	1 059	1 653	[983 ; 2 644]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	15,5	39,9	122,7	207,7	[142,8 ; 350,1]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	19,8	24,9	29,9	[21,9 ; 37,7]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	31,4	59,2	85,7	[56,5 ; 128,0]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	49,4	131,0	271,1	387,8	[235,8 ; 443,3]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	18,7	67,3	183,0	301,1	[184,9 ; 431,6]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	28,1	55,3	94,7	[42,4 ; 127,6]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	15,5	32,8	69,4	111,0	[57,2 ; 137,7]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	12,2	55,7	151,3	257,7	[131,2 ; 431,1]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	16,5	56,8	189,0	296,1	[165,02 ; 422,1]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ γ-HCH

Dans l'étude Kannari, le γ-HCH (lindane) a été détecté et quantifié chez respectivement 93,8 % et 56,4 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le γ-HCH n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 93,8 ng.L⁻¹ (19,1 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 109,7 ng.L⁻¹ (22,7 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 143,2 ng.L⁻¹.

I TABLEAU 40 I

Distributions des concentrations sériques de γ-HCH dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	60,4	75,6	85,2	93,8	[86,8 ; 100,3]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	72,2	81,8	85,4	[78,6 ; 88,0]
40-59	215	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	62,2	76,1	88,0	95,1	[86,1 ; 100,2]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOQ	63,3	77,3	88,1	98,3	[83,6 ; 111,1]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOQ	<LOQ	73,5	83,7	86,8	[83,5 ; 90,3]
Homme	178	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	63,4	77,9	90,7	98,8	[92,1 ; 111,1]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	64,2	78,8	88,5	96,0	[85,6 ; 101,2]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	60,4	75,8	84,2	90,4	[82,5 ; 110,7]
>=30	137	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	70,6	80,1	88,9	[80,9 ; 98,5]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	10,9	14,5	17,4	19,1	[17,9 ; 20,4]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	13,7	16,4	18,0	[15,7 ; 21,8]
40-59	215	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	11,3	14,9	17,8	19,2	[17,3 ; 19,8]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOQ	10,1	14,5	17,5	19,4	[17,4 ; 23,1]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOQ	<LOQ	13,8	16,9	18,5	[16,9 ; 21,0]
Homme	178	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	11,4	15,4	17,8	19,4	[17,6 ; 22,5]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	11,9	15,6	17,2	18,5	[17,0 ; 21,6]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	10,2	14,7	18,3	19,8	[17,7 ; 23,1]
>=30	137	NC*	NC*	<LOQ	<LOQ	<LOQ	12,5	15,2	17,6	[15,5 ; 20,8]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ HCB

Dans l'étude Kannari, le HCB a été détecté et quantifié chez respectivement 48,7 % et 18,4 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le HCB n'a pas été calculée compte tenu du faible taux de quantification (inférieur à 60 %).

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 106,9 ng.L⁻¹ (16,5 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 193,0 ng.L⁻¹ (31,6 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 363,9 ng.L⁻¹ (65,7 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 41 I

Distributions des concentrations sériques de HCB dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	78,1	106,9	[85,9 ; 151,2]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	60,0	77,9	[61,1 ; 110,3]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	77,0	117,3	159,8	[108,1 ; 184,9]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	93,4	138,1	[96,0 ; 181,6]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	70,6	[41,4 ; 103,6]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	65,6	84,4	[61,8 ; 102,9]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	82,6	102,5	[79,7 ; 131,0]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	97,2	151,1	[81,0 ; 184,3]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	12,7	16,5	[14,0 ; 18,2]
Âge (ans)										
19-39	73	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	<LOQ	[NC ; NC]
40-59	215	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	10,1	13,5	[9,8 ; 17,4]
60-88	162	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	12,0	17,8	25,5	[16,5 ; 33,4]
Sexe										
Femme	272	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	15,8	19,8	[16,2 ; 29,6]
Homme	178	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	<LOQ	10,0	[7,3 ; 11,8]
IMC (kg/m²)										
<25	145	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	10,7	12,2	[10,1 ; 13,5]
[25 ; 30[	156	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	14,5	16,4	[14,1 ; 17,8]
>=30	137	NC*	NC*	<LOD	<LOD	<LOD	<LOQ	15,2	22,6	[14,1 ; 32,7]

* NC = non calculé car moins de 60 % des échantillons quantifiés
 LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

○ p,p'-DDE

Dans l'étude Kannari, le p,p'-DDE a été détecté et quantifié chez respectivement 90,0 % et 81,8 % des participants en Martinique. La moyenne géométrique des niveaux d'imprégnation par le p,p'-DDE est égale à 440,1 ng.L⁻¹, soit 80,5 ng.g⁻¹ de lipides.

Le 95^e percentile de la distribution est égal à 3 311,5 ng.L⁻¹ (595,9 ng.g⁻¹ de lipides). Un pour cent de la population d'étude présente un niveau d'imprégnation supérieur à 7 449,3 ng.L⁻¹ (1 159,3 ng.g⁻¹ de lipide) avec une valeur maximale égale à 45 067,0 ng.L⁻¹ (7 020,0 ng.g⁻¹ de lipides).

I TABLEAU 42 I

Distributions des concentrations sériques de p,p'-DDE dans la population adulte martiniquaise (18 ans et plus)

Résultats en ng.L ⁻¹										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	440	[358 ; 538]	95	185	427	1 121	2 245	3 312	[2 506 ; 3 803]
Âge (ans)										
19-39	73	138	[98 ; 191]	<LOQ	86	152	249	373	583	[326 ; 1 402]
40-59	215	451	[387 ; 524]	169	270	466	744	1 302	1 866	[1 386 ; 2 498]
60-88	162	1 268	[998 ; 1591]	311	733	1 438	2 322	3 791	5 609	[3 700 ; 9 767]
Sexe										
Femme	272	556	[429 ; 712]	119	240	546	1 390	2 864	4 203	[2 983 ; 6 221]
Homme	178	328	[237 ; 453]	69	158	320	819	1 825	2 259	[1 712 ; 3 042]
IMC (kg/m²)										
<25	145	327	[236 ; 450]	76	142	309	826	1 845	2 193	[1 812 ; 2 726]
[25 ; 30[	156	580	[436 ; 772]	145	275	532	1 305	2 644	3 577	[2 416 ; 5 230]
>=30	137	509	[320 ; 804]	92	214	512	1 428	2 892	4 635	[2 611 ; 8 402]
Résultats ajustés sur les lipides sériques en ng.g ⁻¹ de lipides										
	N	MG	IC à 95%	P10	P25	P50	P75	P90	P95	IC à 95%
Total	450	81	[66 ; 98]	17	36	83	203	399	596	[428 ; 776]
Âge (ans)										
19-39	73	27	[18 ; 39]	<LOQ	16	29	55	91	126	[67 ; 270]
40-59	215	83	[71 ; 96]	33	49	80	138	216	344	[223 ; 454]
60-88	162	217	[170 ; 273]	55	126	236	400	710	919	[704 ; 1 454]
Sexe										
Femme	272	102	[79 ; 129]	23	46	100	229	515	761	[551 ; 972]
Homme	178	60	[43 ; 83]	12	29	63	154	309	397	[284 ; 450]
IMC (kg/m²)										
<25	145	61	[44 ; 83]	14	27	63	146	291	397	[252 ; 531]
[25 ; 30[	156	105	[80 ; 139]	27	50	94	233	452	629	[417 ; 909]
>=30	137	92	[57 ; 144]	17	42	97	240	497	794	[429 ; 1 305]

LOD=19,6 ng.L⁻¹ ; LOQ=58,9 ng.L⁻¹

5.2 Discussion

5.3.1 Valeurs élevées

A titre indicatif, la concentration sérique en PCB totaux a été estimée chez les participants de l'étude Kannari. La concentration en PCB totaux correspond à la somme des concentrations en PCB 138, 153 et 180 rapportées à la matière grasse (ng.g^{-1} de lipides), puis multipliée par un facteur de 1,7. La concentration en PCB 138 a été estimée en utilisant les proportions fournies par le laboratoire de dosage (le pp'DDT représente $15,4 \pm 6,2$ % de la concentration en PCB138+ p,p'-DDT). C'est pourquoi, l'analyse des valeurs en PCB totaux élevées n'est faite qu'à titre indicatif pour estimer la prévalence des concentrations dépassant les seuils critiques.

Parmi les femmes en âge de procréer (entre 18 et 45 ans) incluses dans le volet « imprégnation » Kannari, deux dépassent le seuil critique français de 700 ng.g^{-1} de lipides, développé pour les femmes enceintes, allaitantes ou en âge de procréer.

Parmi les autres participants, trois dépassent le seuil critique français de $1\,800 \text{ ng.g}^{-1}$ de lipides, développé pour le reste de la population (la femme ayant dépassé l'âge habituel de la procréation et l'homme adulte).

5.3.2 Comparaison des résultats en Martinique et Guadeloupe

Dans l'étude Kannari, les niveaux d'imprégnation par les PCB et le HCB mesurés en Martinique et en Guadeloupe sont comparables.

En Martinique, l'isomère bêta du HCH présente les concentrations sériques les plus élevées comparativement aux isomères alpha et gamma, ce qui est attendu car l'isomère bêta est le plus stable et le plus persistant dans les tissus adipeux. En revanche, en Guadeloupe, c'est l'isomère alpha du HCH qui présente les concentrations sériques les plus élevées, ce qui pourrait refléter l'existence d'expositions plus récentes au HCH dit technique (ou lindane), dont le α -HCH est un sous-produit. Les concentrations sériques de lindane sont également plus élevées chez les participants de Kannari en Guadeloupe par rapport à la Martinique.

De même, les niveaux d'imprégnation par le p,p'-DDE sont plus élevés chez les participants de Kannari en Guadeloupe par rapport à la Martinique.

Une augmentation des niveaux d'imprégnation par les polluants organochlorés avec l'âge des participants est observée aussi bien en Guadeloupe qu'en Martinique. En revanche, les associations avec le sexe et l'IMC ne sont pas univoques pour l'ensemble des substances.

5.3.3 Comparaison avec les études antérieures

Les niveaux d'imprégnation par les PCB et pesticides organochlorés ont été décrits en 2007 en France métropolitaine dans le cadre de l'étude nationale nutrition et santé (ENNS) [32]. Dans ENNS, les concentrations sériques ont été mesurées chez 386 adultes âgés de 18 à 74 ans ; l'âge moyen de la population d'étude était de 44 ans, 45% des participants étaient en surpoids ou en situation d'obésité. La comparaison des niveaux d'imprégnation par les PCB et les pesticides organochlorés mesurés dans Kannari avec ceux mesurés dans ENNS est présentée dans le tableau 41.

La comparaison des niveaux d'imprégnation par les PCB mesurés dans Kannari avec ceux de l'étude ENNS est limitée du fait :

- Des limites de quantification plus élevées dans Kannari que dans ENNS pour les PCB 28 et 52 (respectivement $3,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $3,7 \mu\text{g.L}^{-1}$ versus 6 ng.L^{-1}) ;
- Du faible pourcentage de quantification pour le PCB 101. Néanmoins le percentile 95 mesuré dans Kannari est supérieur à celui observé dans ENNS ;
- De l'absence de mesures de certains congénères : le PCB 118 n'a pas été mesuré dans l'étude ENNS et le PCB 138 a été mesuré de façon conjointe avec le p,p'-DDT dans l'étude Kannari. De ce fait, les concentrations en PCB totaux sont des estimations faites à partir du pourcentage représenté par le PCB 138 dans les échantillons co-élués.

La comparaison des concentrations sériques en PCB 153, PCB 180 et PCB totaux montre que les niveaux d'imprégnation mesurés dans l'étude Kannari sont plus faibles que ceux observés en 2007 en France métropolitaine. Ce constat est cohérent avec les données de contaminations de l'environnement qui montrent que les concentrations en PCB sont plus faibles aux Antilles que dans la plupart des autres pays du monde [15]. Ceci pourrait s'expliquer par l'absence d'activités industrielles génératrices de PCB aux Antilles ainsi que par la localisation géographique des Antilles, laquelle en zone tropicale se trouve relativement à l'abri des transferts à longue distance (atmosphériques et chaîne trophique) entre les pays industrialisés et les régions polaires.

La comparaison des niveaux d'imprégnation par les autres composés organochlorés est également limitée compte tenu des limites de quantification plus élevées dans Kannari que dans ENNS. Toutefois, malgré une limite de quantification plus élevée dans Kannari ($58,9 \text{ ng.L}^{-1}$) que dans ENNS (30 ng.L^{-1}), le taux de quantification du lindane (γ -HCH) est plus élevé chez les participants de l'étude Kannari (66 % en Guadeloupe et 56 % en Martinique) par rapport à la population générale de France métropolitaine (3,1 %). Les 95^e percentiles des distributions des niveaux d'imprégnation par les isomères alpha et gamma du HCH sont également plus élevés en Martinique et en Guadeloupe qu'en France métropolitaine. En revanche, les 95^e percentiles des concentrations sériques de l'isomère bêta du HCH observés en Guadeloupe et en Martinique sont du même ordre de grandeur, voire inférieur, à ceux mesurés en France métropolitaine. Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que le β -HCH est moins biodégradable dans l'organisme que les isomères α et γ du HCH. Ainsi, ce résultat suggère l'existence d'une exposition plus récente de la population antillaise par le lindane en comparaison avec la population de France métropolitaine.

Les niveaux d'imprégnation par le p,p'-DDE mesurés en Guadeloupe sont plus élevés que ceux observés en France métropolitaine, tandis que ceux mesurés en Martinique sont légèrement plus faibles.

I TABLEAU 43 I

Comparaisons des niveaux d'imprégnation par les PCB, HCB, HCH, DDT mesurés aux Antilles avec les niveaux mesurés en France métropolitaine

Etude	Année	Population (âge moyen)	n	MG (ng.g ⁻¹ lip)	P95 (ng.g ⁻¹ lip)	%>LOQ (LOQ ng.L ⁻¹)
PCB 28						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	NC	0% (3 200)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	NC	0% (3 200)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	2,2	5,7	87,7% (6)
PCB 52						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	NC	0% (3 700)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	NC	0% (3 200)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	0,27	1,8	25,4% (6)
PCB 101						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	16,9	19,2% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	17,5	22,7% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	1,1	3,7	67,4% (6)
PCB 118						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	33,0	38,0% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	30,9	35,3% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)		-	-	
PCB 153						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	31,4	183,4	88,7% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	43,6	195,4	94,0% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	113,3	286,9	100% (6)
PCB 180						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	22,4	155,0	83,2% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	30,9	173,7	88,4% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	93,7	274,4	100% (6)
PCB totaux*						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	249	756	-
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	284	749	-
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	540	1 219	-
α-HCH						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	143,2	24,0% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	28,7	6,4 % (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	0,66	1,77	40,1% (6)
β-HCH						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	95,7	48,6% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	207,7	56,7% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	30	190	100% (6)
γ-HCH						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	11,0	31,6	66,1% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	19,1	56,4% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	NC	3,6	3,1% (30)
HCB						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	NC	15,5	12,0% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	NC	16,5	18,4% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	24,0	73,0	100% (6)
p,p'-DDE						
Kannari-Guadeloupe	2013/14	Adultes (48 ans)	292	121	1 533	96,2% (59)
Kannari-Martinique	2013/14	Adultes (50 ans)	450	81	596	81,8% (59)
ENNS	2007	Adultes (44 ans)	386	118	729	100% (6)

* Données estimées en sommant les concentrations de PCB 153, 138 et 180, multiplié par 1,7

6. CONCLUSION

Les résultats de l'étude Kannari permettent de décrire pour la première fois, l'imprégnation de la population générale guadeloupéenne et martiniquaise par la chlordécone et certains composés organochlorés, en 2013/2014.

La concentration de chlordécone dans l'organisme de la population générale martiniquaise et guadeloupéenne a été mesurée à partir de prélèvements de sang réalisés chez 742 participants (292 en Guadeloupe et 450 en Martinique). Le dosage de la chlordécone dans le sérum permet d'estimer l'exposition au cours des mois précédant la réalisation du prélèvement. Cette méthode présente l'avantage d'intégrer toutes les sources d'exposition, quelles que soient les voies (ingestion, inhalation, cutanée) et les lieux (domicile, lieu de travail, etc.) d'exposition.

Les résultats de l'étude montrent que la population martiniquaise et guadeloupéenne est largement exposée à la chlordécone. 90 % des échantillons dosés dans l'étude Kannari présentent des concentrations détectables de chlordécone (supérieures à $0,02 \mu\text{g.L}^{-1}$). Ce constat démontre que cette substance est toujours présente dans l'environnement et les produits de consommation alimentaire, malgré l'arrêt de son utilisation depuis les années 1990. Les niveaux d'imprégnation par la chlordécone mesurés en Martinique et Guadeloupe sont similaires, les concentrations moyennes étant respectivement égales à $0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$ et $0,13 \mu\text{g.L}^{-1}$. Les niveaux d'imprégnation sont toutefois contrastés au sein de la population d'étude : cinq pour cent des participants ont des niveaux d'imprégnation dix fois plus élevés que la concentration moyenne ($1,24 \mu\text{g.L}^{-1}$ en Guadeloupe et $1,87 \mu\text{g.L}^{-1}$ en Martinique), et les niveaux maximaux sont de $18,53 \mu\text{g.L}^{-1}$ en Guadeloupe et $15,41 \mu\text{g.L}^{-1}$ en Martinique.

Ces résultats confirment par ailleurs que l'exposition à la chlordécone est largement associée aux consommations alimentaires, mais également au lieu de résidence. Une augmentation des niveaux d'imprégnation par la chlordécone est ainsi observée avec la consommation de poissons frais (toutes espèces confondues), en particulier ceux issus de circuits informels (autoproduction, dons, bord de route et petits marchés en zone d'interdiction de pêche). En revanche, il n'a pas été observé d'augmentation de l'imprégnation avec la consommation de légumes racines et tubercules, susceptibles d'être fortement contaminés par la chlordécone. La consommation plus élevée de légumes racines et tubercules n'explique pas à elle-seule les niveaux mesurés chez les individus les plus exposés (supérieur au 90^e percentile). L'absence d'augmentation des niveaux d'imprégnation avec la consommation de légumes racines et tubercules est néanmoins cohérente avec le taux de conformité proche de 100 % des végétaux contrôlés à la production ou sur les lieux de vente aux Antilles (sources DAAF Guadeloupe et Martinique). Cette absence d'association pourrait également s'expliquer par le suivi des préconisations en termes d'autoconsommation formulées à partir des résultats des études Escal et Calbas, et susceptibles d'avoir conduit à un changement d'habitudes alimentaires au sein de la population générale antillaise. Ces résultats sont en grande partie concordants avec les travaux de l'Anses.

Le fait de résider en zone contaminée par la chlordécone influence également les concentrations sériques de chlordécone, suggérant une exposition liée à une pollution résiduelle des milieux. Cette augmentation du niveau d'imprégnation chez les individus résidant en zone de contamination terrestre ou maritime peut s'expliquer en tout ou partie par la consommation d'aliments en provenance dans ces zones, qui s'avèrent plus contaminés que ceux provenant de zones non contaminées (volet « exposition » de Kannari). Cependant, l'existence d'autres sources et voies d'expositions liées à une pollution résiduelle des milieux ne peuvent être exclues.

En Guadeloupe, quatre précédentes études épidémiologiques à visée étiologique ont permis de mesurer les concentrations sériques de chlordécone chez certains sous-groupes de population : travailleurs agricoles [17; 33], femmes enceintes (études Hibiscus [2; 18] et Timoun [20]), hommes âgés de plus de 45 ans (étude Karuprostate [11; 19]). En comparaison avec ces études, les niveaux médians d'imprégnation par la chlordécone observés dans Kannari sont plus faibles. En revanche, les niveaux maximums observés dans Kannari sont similaires à ceux des études précédentes Hibiscus et Timoun. Ce constat suggère une diminution du bruit de fond d'exposition à la chlordécone et la persistance d'une exposition élevée chez certains groupes d'individus au sein de la population générale guadeloupéenne. Cette observation doit toutefois tenir compte de différences méthodologiques importantes entre les études (différences entre les populations d'étude, amélioration de la méthode de dosage, etc.). En l'absence de données antérieures disponibles pour la Martinique, cette observation ne peut être étendue à ce département.

Les résultats du volet « imprégnation » de Kannari montrent que les populations martiniquaise et guadeloupéenne sont également exposées aux autres pesticides organochlorés utilisés aux Antilles. Le lindane, pesticide cancérigène interdit en 2007, est détecté chez environ 94 % des participants de l'étude Kannari. Les concentrations sériques en lindane mesurées en Martinique et en Guadeloupe sont plus élevées et semblent relever d'expositions plus récentes que celles observées en France métropolitaine en 2007 dans l'étude ENNS [32] (concentrations des isomères alpha et gamma du HCH plus élevées aux Antilles qu'en France métropolitaine). A l'inverse, les résultats de l'étude Kannari montrent que les concentrations sériques en PCB 153 et PCB 180 mesurées en Martinique et Guadeloupe sont inférieures à celles observées en France métropolitaine (ENNS).

Ces résultats viennent compléter ceux des autres volets de l'étude Kannari qui présentent les données de santé de la population antillaise, les habitudes alimentaires et leurs évolutions ainsi que les données d'exposition alimentaire à la chlordécone.

Références bibliographiques

1. Dab W. Des incertitudes, mais suffisamment de preuves pour guider l'action. Numéro thématique. Chlordécone aux Antilles : bilan actualisé des risques sanitaires. Bull Epidemiol Hebd. 2011(3-4-5):3.
2. Guldner L, Seurin S, Heraud F, Multigner L. Exposition de la population antillaise au chlordécone. Numéro thématique. Chlordécone aux Antilles : bilan actualisé des risques sanitaires. Bull Epidemiol Hebd. 2011(3-4-5):8.
3. Anses. Exposition des consommateurs des Antilles au chlordécone, résultats de l'étude Kannari. Maisons-Alfort Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail 2017.
4. Afssa. Actualisation de l'exposition alimentaire au chlordécone de la population antillaise. Maisons-Alfort: Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2007.
5. Afssa. Première évaluation de l'exposition alimentaire de la population martiniquaise au CHLORDÉCONE - Propositions de limites maximales provisoires de contamination dans les principaux aliments vecteurs Maisons-Alfort: Agence française de sécurité sanitaire des aliments, 2005.
6. Castetbon K, Ramalli L, Vaidie A, Yacou C, Merle S, Ducros V. Consommations alimentaires et biomarqueurs nutritionnels chez les adultes de 16 ans et plus en Guadeloupe et Martinique. Enquête Kannari 2013-2014. Bull Epidémiol Hebd. 2016(4):52-62.
7. Cannon SB, Veazey JM, Jr., Jackson RS, Burse VW, Hayes C, Straub WE, et al. Epidemic kepone poisoning in chemical workers. American journal of epidemiology. 1978;107(6):529-37.
8. Taylor JR, Selhorst JB, Houff SA, Martinez AJ. Chlordecone intoxication in man. I. Clinical observations. Neurology. 1978;28(7):626-30.
9. Cohn WJ, Boylan JJ, Blanke RV, Fariss MW, Howell JR, Guzelian PS. Treatment of chlordecone (Kepone) toxicity with cholestyramine. Results of a controlled clinical trial. The New England journal of medicine. 1978;298(5):243-8.
10. Soine PJ, Blanke RV, Guzelian PS, Schwartz CC. Preferential binding of chlordecone to the protein and high density lipoprotein fractions of plasma from humans and other species. Journal of toxicology and environmental health. 1982;9(1):107-18.
11. Ndong JR. Facteurs de risque environnementaux et familiaux de survenue du cancer de la prostate en Guadeloupe. Rennes: Université de Rennes I; 2010.
12. Fariss MW, Blanke RV, Saady JJ, Guzelian PS. Demonstration of major metabolic pathways for chlordecone (kepone) in humans. Drug Metab Dispos. 1980;8(6):434-8.
13. Molowa DT, Wrighton SA, Blanke RV, Guzelian PS. Characterization of a unique aldo-keto reductase responsible for the reduction of chlordecone in the liver of the gerbil and man. Journal of toxicology and environmental health. 1986;17(4):375-84.
14. Molowa DT, Shayne AG, Guzelian PS. Purification and characterization of chlordecone reductase from human liver. J Biol Chem. 1986;261(27):12624-7.
15. Boylan JJ, Cohn WJ, Egle JL, Jr., Blanke RV, Guzelian PS. Excretion of chlordecone by the gastrointestinal tract: evidence for a nonbiliary mechanism. Clinical pharmacology and therapeutics. 1979;25(5 Pt 1):579-85.
16. Kadhel P. Pesticides aux Antilles : impact sur la fonction de reproduction: Université des Antilles et de la Guyane; 2008.
17. Multigner L, Kadhel P, Pascal M, Huc-Terki F, Kercret H, Massart C, et al. Parallel assessment of male reproductive function in workers and wild rats exposed to pesticides in banana plantations in Guadeloupe. Environ Health. 2008;7:40.
18. Multigner L, Kadhel P. Exposition à des polluants environnementaux chez la femme enceinte et son enfant en Guadeloupe. Niveaux de chlordécone dans le sang maternel et étude des déterminants de l'imprégnation. INSERM U625 & Service Gynécologie-Obstétrique CHU Pointe à Pitre, 2008.

19. Multigner L, Ndong JR, Giusti A, Romana M, Delacroix-Maillard H, Cordier S, et al. Chlordecone exposure and risk of prostate cancer. *Journal of clinical oncology : official journal of the American Society of Clinical Oncology*. 2010;28(21):3457-62.
20. Kadhel P, Monfort C, Costet N, Rouget F, Thome JP, Multigner L, et al. Chlordecone exposure, length of gestation, and risk of preterm birth. *American journal of epidemiology*. 2014;179(5):536-44.
21. Bonan H, Prime JL. Rapport sur la présence de pesticides dans les eaux de consommation humaine en Guadeloupe. Rapport IGAS N° 2001-070. IGE N° 2001-070. 2001.
22. Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants United Nations Environment Programme Chemicals International Environment H. *Ridding the world of POPs : a guide to Stockholm convention on persistent organic pollutants*. Genève: United Nations Environment Programme, 2005.
23. Ineris. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques - Polychlorobiphényles. 2005.
24. Anses. Etude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2), Tome 1. Contaminants inorganiques, minéraux, polluants organiques persistants, mycotoxines, phyto-oestrogènes. Maisons-Alfort: 2011.
25. Anses, Institut de veille sanitaire. Etude d'imprégnation aux polychlorobiphényles des consommateurs de poissons d'eau douce. 2011 978-2-11-129277-2.
26. Ineris. Hexachlorobenzène - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Verneuil-en-Halatte: Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, 2011.
27. Ineris. Les substances dangereuses prioritaires de la directive cadre sur l'eau - Fiches de données technico-économiques. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - Ministère de l'Écologie et du Développement Durable 2005.
28. INSPQ. Réévaluation des risques toxicologiques des biphényles polychlorés. Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, 2006.
29. Kirman CR, Aylward LL, Hays SM, Krishnan K, Nong A. Biomonitoring equivalents for DDT/DDE. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2011;60(2):172-80.
30. World Health O. Safety evaluation of certain food additives and contaminants polychlorinated-dibenzo dioxins, polychlorinated-dibenzo furans, and coplanar polychlorinated-biphenyls. Geneva: 2002.
31. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. Saisine n°2011-SA-0118. Avis de l'agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'interprétation des résultats de l'étude nationale Anes/InVS d'imprégnation aux PCB des consommateurs de poissons d'eau douce. 2011.
32. Fréry N, Guldner L, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Bidondo ML. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Tome 2. Polychlorobiphényles (PCB-NDL) et pesticides. Saint-Maurice: 2013.
33. Multigner LK, P; Huc-Terki, F; Thome, JP; Janky, E; Auger, J. Exposure to chlordecone and male fertility in Guadeloupe (French West Indies). *Epidemiol Community Health*. 2006;17(6).
34. Tillieut O, Cabidoche YM. Cartographie de la pollution des sols de Guadeloupe par la chlordécone. Rapport technique. DAAF-SPV 971 & INRA-APC 971. Abymes: 2006.
35. Desprats JF, Comte JP, Chabrier C. Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport phase 3. BRGM/RP-53262-FR. Orléans: BRGM, 2004.

Annexe 1. Construction des variables de contamination terrestre et maritime par la chlordécone

1- Cartographie de la contamination des sols par la chlordécone

Dans l'étude Kannari, un travail de classification des îlots de l'Insee en zone de contamination terrestre par la chlordécone a été réalisé par la Cire Antilles-Guyane.

Ce travail s'est appuyé sur une cartographie de la contamination des sols par la chlordécone, fondée sur l'occupation rétrospective en bananeraies, pendant la période d'application de la chlordécone. Cette cartographie a été réalisée par le Bureau de recherche géologique et minière (BRGM) et les Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer) de Martinique et Guadeloupe, dans le cadre des Actions des « Plans d'Actions Interministérielles chlordécone » financées par les Directions de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt (DAAF) de Martinique et Guadeloupe. Ces travaux ont abouti à la création d'un Système d'information géographique (SIG) permettant de disposer d'une cartographie de l'état de contamination des sols par la chlordécone dans ces deux départements. Cette cartographie ne représente pas la situation réelle de pollution de chaque parcelle mais la probabilité que la parcelle soit polluée à des niveaux plus ou moins élevés. La méthode appliquée a été décrite dans deux rapports : Tillieut et Cabidoche, 2006 pour la Guadeloupe [34] et Desprats, Comte et Chabrier, 2004 pour la Martinique [35].

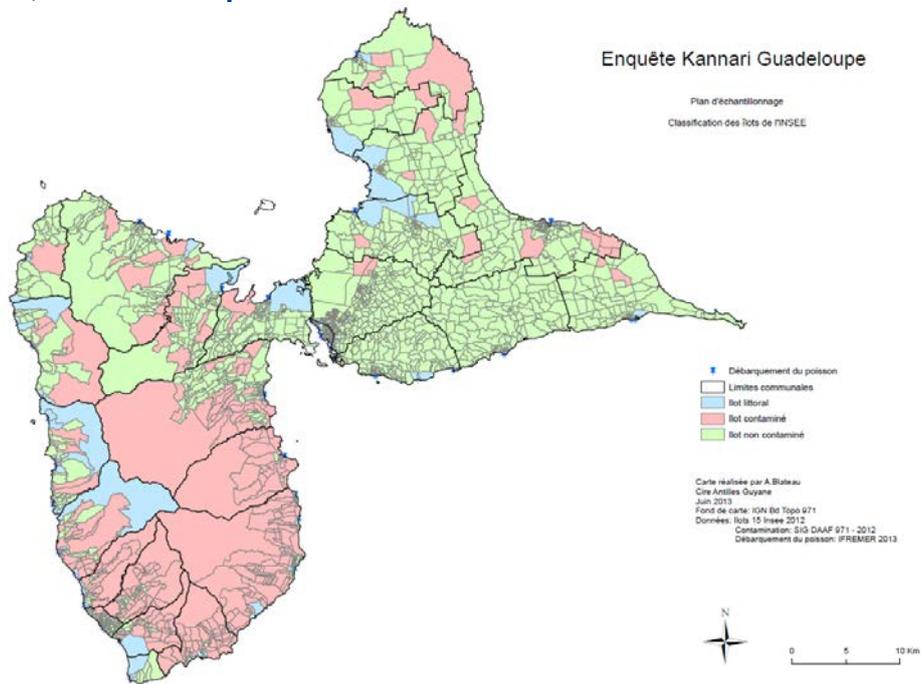
Dans l'étude Kannari :

- Un îlot (tel que défini par l'Insee) contenant au moins une parcelle à risque de contamination par la chlordécone est considéré comme une **zone de contamination terrestre**.
- Un îlot ne contenant aucune parcelle à risque de contamination par la chlordécone est considéré comme une **zone de non contamination terrestre**.

Les cartes utilisées dans l'étude Kannari sont présentées en figure 2 (Guadeloupe) et figure 3 (Martinique).

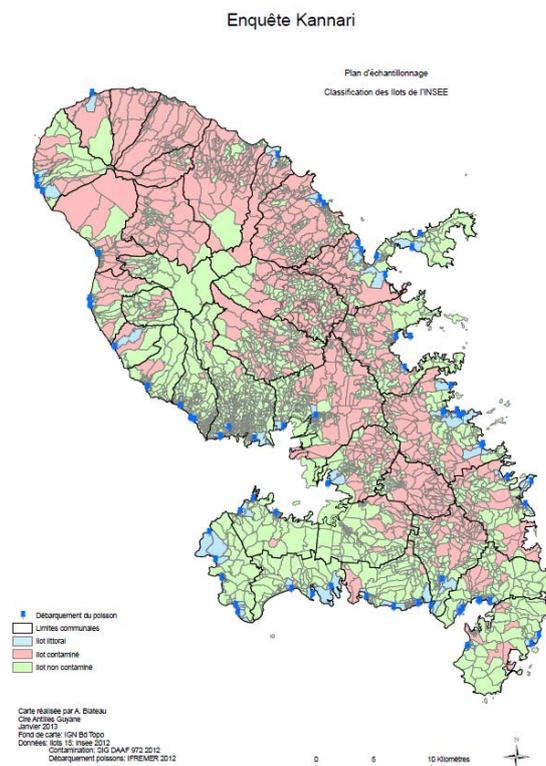
I FIGURE 1 I

Carte de classification des îlots de l'Insee en zone de contamination ou non par la chlordécone, en Guadeloupe



I FIGURE 2 I

Carte de classification des îlots de l'Insee en zone de contamination terrestre par la chlordécone, en Martinique



Il s'agit de cartes de risque et seule une analyse de sol peut confirmer ou infirmer la présence de chlordécone dans ces îlots. Dans certains cas, la chlordécone a pu être utilisée par certains agriculteurs dans d'autres cultures que celle de la banane, conduisant à une contamination de terres agricoles autres que celles utilisées pour la culture de la banane. A l'inverse, certains producteurs de banane ont pu ne pas avoir recours, ou peu, à la chlordécone et leurs parcelles peuvent se révéler non, ou peu, polluées. Cette estimation est susceptible de conduire à une surestimation du nombre d'îlots contaminés et donc du nombre d'individus potentiellement exposés à la chlordécone *via* la contamination terrestre.

2- Cartographie de la contamination maritime par la chlordécone

Dans l'étude Kannari, la classification des îlots de l'Insee en zone de contamination maritime est basée sur les zones littorales faisant l'objet d'une interdiction de pêche (toute interdiction) en 2013. Ainsi :

- Un îlot (tel que défini par l'Insee) dont le littoral est inclus dans les zones d'interdiction de pêche (toute interdiction confondue) est considéré comme une **zone de contamination maritime**.
- Les autres îlots sont considérés comme **zone de non contamination maritime**.

La liste des communes de Guadeloupe et de Martinique concernées par une interdiction de pêche sont les suivantes :

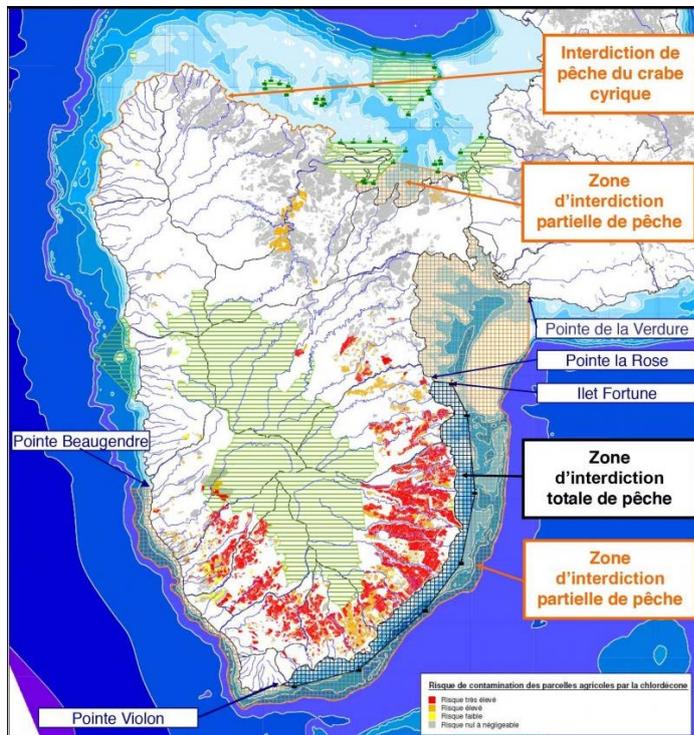
Guadeloupe : Petit-Bourg / Goyave / Capesterre Belle Eau / Trois Rivières / Vieux Fort / Gourbeyre / Basse Terre / Baillif / Vieux Habitants / Deshaies / Sainte Rose / Lamentin / Baie Mahault / Pointe à Pitre / Gosier.

Martinique : Macouba / Basse Pointe / Le Lorrain / Le Marigot / Sainte Marie / La Trinité / Le Robert / Le François / Les Trois Îlets / Rivière Salée / Ducos / Le Lamentin / Fort de France

La classification des communes est basée sur les cartes présentées en Figures 4 et 5.

I FIGURE 3 I

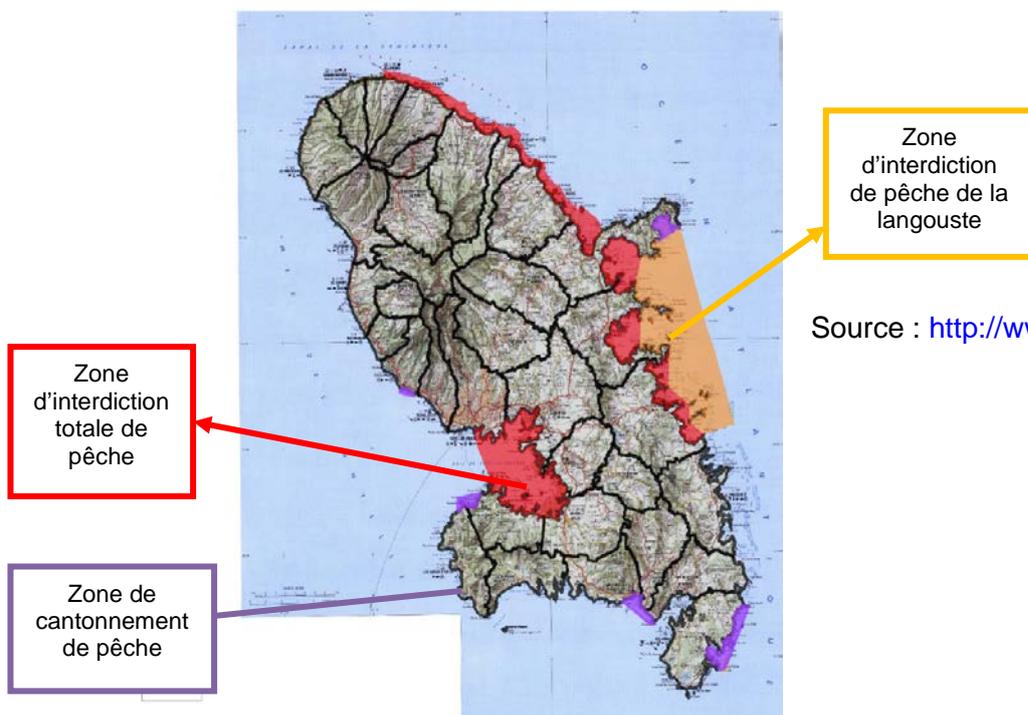
Zone d'interdiction de pêche, en Guadeloupe



Source : <http://www.lemarin.fr/>

I FIGURE 4 I

Zone d'interdiction de pêche, en Martinique



Source : <http://www.lemarin.fr/>

3- Zone de contamination terrestre et maritime par la chlordécone

Dans l'étude Kannari, un îlot est classé en zone de contamination terrestre et maritime lorsqu'il contient une parcelle présentant un risque de contamination par la chlordécone et que son littoral est situé en zone d'interdiction de pêche, c'est-à-dire lorsqu'il est classé à la fois en zone de contamination terrestre et de contamination maritime.

Annexe 2. Pondération du volet « Imprégnation » de l'étude Kannari

1- Pondération et correction de la non-réponse du volet « imprégnation »

Le plan de sondage du volet « imprégnation » de l'étude Kannari est présenté comme un plan de sondage stratifié (quatre strates ; cf. ci-dessous) à deux degrés (sans grappe). Au premier degré, des ménages ont été tirés au sort dans chacune des quatre strates. Au second degré, un seul adulte a été tiré au sort (par la méthode Kish) parmi les membres éligibles du ménage.

Les quatre strates sont les suivantes :

- Strate 1 : logements de pêcheurs, enquête exhaustive ;
- Strate 2 : logements en îlots littoraux (hors logements de pêcheurs) ;
- Strate 3 : logements individuels en îlots contaminés (hors logements de pêcheurs et îlots littoraux) ;
- Strate 4 : autres logements.

Initialement, les poids de sondage ont été calculés par l'Insee pour l'ensemble des sujets inclus dans Kannari, c'est-à-dire les participants aux volets « santé » et « exposition ». Afin de compenser la non-participation au volet « imprégnation » de certains de ces sujets, un ajustement des poids initiaux a été réalisé. La repondération du sous-échantillon de sujets inclus dans le volet « imprégnation » a été mise en œuvre par l'Usen. Les choix méthodologiques suivants ont été faits :

- Les sujets ont été considérés comme inclus dans le volet « imprégnation » lorsqu'un résultat de dosage de la glycémie était disponible (soit 453 sujets en Martinique et 292 en Guadeloupe) ;
- La repondération a été réalisée de façon séparée pour la Martinique et la Guadeloupe ;
- L'échantillon initial considéré était l'échantillon des adultes sélectionnés pour Kannari ayant répondu au questionnaire « santé » et disposant d'un poids de sondage calculé par l'Insee (considérée comme la pondération initiale) ;
- Des variables complémentaires ont été utilisées pour prédire la probabilité de participation au volet « imprégnation ». Il s'agissait de variables issues du questionnaire « santé » disponibles à la fois chez les participants et non-participants au volet « imprégnation » (hypertension, antécédent d'hypercholestérolémie, indice de masse corporelle) ;
- Dans un premier temps, une modélisation par régression logistique a été réalisée afin d'identifier les variables associées à la participation au volet « imprégnation ». A l'issue de la modélisation, les variables à prendre en compte concernaient :
 - **L'âge du sujet** au moment de l'inclusion, calculé à partir de sa date de naissance et de la date de réponse au questionnaire « santé » ;
 - Le dernier **diplôme** obtenu de la personne de référence dans l'enquête (en 10 catégories) ;
 - Le **niveau d'étude**, en 3 catégories :
 - Non scolarisé ; école primaire ; collège (classes de 6^e à 3^e) ; classes préparant à un CAP ou à un BEP ;
 - Classes de seconde, première ou terminale générales ; classes de seconde, première ou terminale techniques ; classes de seconde, première ou terminale professionnelles ;

- Études supérieures (facultés, IUT, etc.).
 - Le **statut d'emploi** de la personne de référence, en 3 catégories :
 - A un emploi ;
 - Est au chômage ;
 - Etudiant, apprenti, femmes ou hommes au foyer et autres.
 - La **situation maritale** de la personne de référence : en couple (Oui/Non) ;
 - Le **lieu de naissance**, en 3 catégories :
 - Martinique ou Guadeloupe ;
 - France métropolitaine ou autre DOM/TOM ;
 - Autre pays.
 - La **taille de la commune** de résidence : +/- 10 000 habitants ;
 - Le lieu de résidence dans une **zone de contamination terrestre** de chlordécone (Oui/Non) ;
 - Le lieu de résidence dans une **zone de contamination maritime** de chlordécone (Oui/Non) ;
 - La présence d'un **enfant de moins de 18 ans dans le foyer** (Oui/Non) ;
 - L'**indice de masse corporelle** en quatre classes :
 - Maigre : <18,5 ;
 - Normal : [18,5-25[;
 - Surpoids : [25-30[;
 - Obésité : >=30
 - Le statut **hypertensif** (Oui/Non) ;
 - L'antécédent **hypercholestérolémie** (Oui/Non).
- Dans un second temps, la macro calmar a été utilisée pour la repondération en incluant les variables de calage initial et les variables identifiées à l'étape précédente comme associées à la participation au volet « imprégnation ».

Les poids calculés ont été transmis au DSE pour l'analyse des résultats d'imprégnation par la chlordécone, obtenus chez les sujets inclus dans le volet « imprégnation ».

2- Distribution des pondérations finales (repondération)

Pour limiter l'impact des poids extrêmes, les pondérations (calculées par l'Usen) ont été tronquées. Or, la troncature ayant pour effet de diminuer l'effectif total de la population, il est nécessaire d'appliquer un facteur correctif à chaque poids. La somme des poids finaux permet alors de retrouver l'effectif de la population cible, estimé à 313 125 pour la Guadeloupe et 319 765 pour la Martinique (données Insee).

Les statistiques descriptives des jeux de poids du volet « imprégnation » calculés après repondération, sont présentées avant et après troncature des poids extrêmes et respectivement pour la Guadeloupe et la Martinique (tableau 10). Les distributions des poids de sondage du volet « imprégnation » calculés après repondération (avant et après troncature) sont présentées sous forme d'histogrammes pour les deux départements dans la figure 1.

Ces résultats montrent qu'il existe une forte variabilité des poids des participants au volet « imprégnation » de Kannari ainsi que des écarts importants entre les poids extrêmes. Cette dispersion existait toujours après troncature des poids extrêmes et concernait les deux départements.

Cette dispersion des poids de sondage peut s'expliquer à la fois par la forte déformation de l'échantillon du volet « imprégnation » par rapport à l'échantillon initial (générée par la non-réponse), par la petite taille du sous-échantillon de sujets du volet « imprégnation » et par le nombre de variables utilisées dans le processus de correction de la non-réponse et du redressement de l'échantillon. Elle peut également être liée au mode d'échantillonnage destiné à sur-représenter les populations les plus exposées à la chlordécone, engendrant un tirage à probabilités très inégales : probabilité de 1/1 pour les pêcheurs des petites communes à moins de 1/100 pour la strate « autres ».

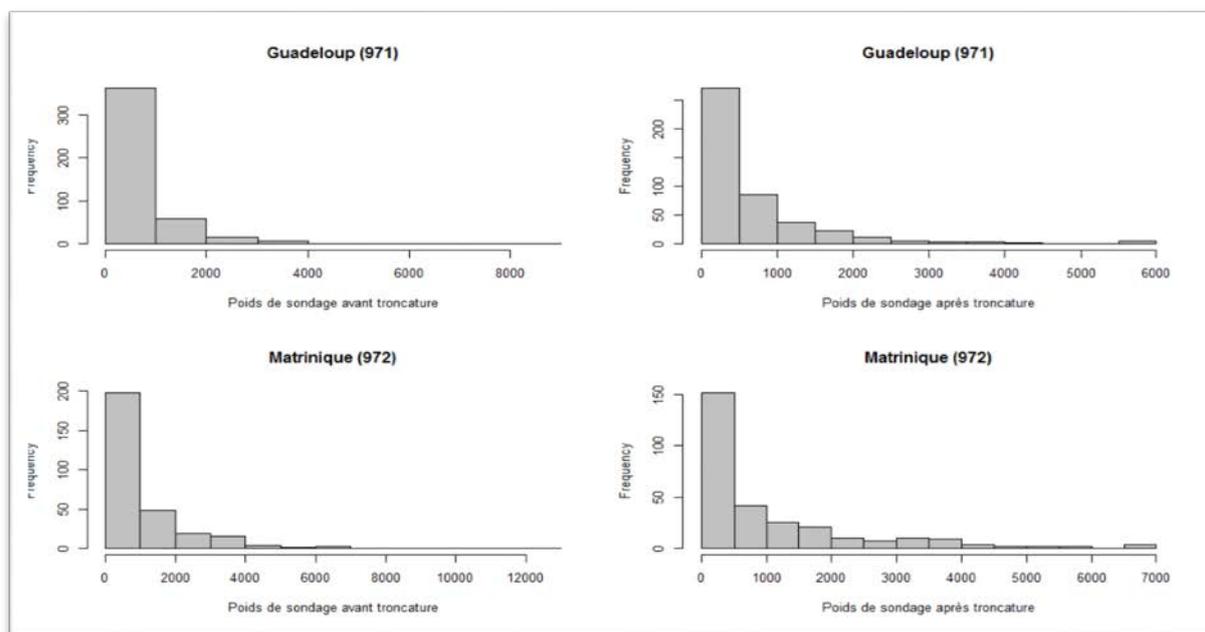
I TABLEAU 42 I

Statistiques descriptives des poids du volet « imprégnation » après repondération, avec et sans troncature

	Sans troncature		Avec troncature	
	Guadeloupe (971)	Martinique (972)	Guadeloupe (971)	Martinique (972)
Adultes Effectif	293	450	293	450
Tendance centrale				
Somme des poids	290 066,4	301 840,2	313 125,0	319 765,0
Moyenne	993,4	666,3	1 072,3	705,9
Médiane	413,3	334,8	456,6	364,3
Variabilité				
Ecart-type	1 412,0	971,0	1 405,0	940,8
Variance	1 993 627,0	943 208,0	1 973 725,0	885 114,0
Intervalle min/max	12 533,0	8 164,0	6 878,0	5 515,0
Ecart interquartile	1 210,0	629,7	1 337,0	684,5
Coeff Variation	142,1	145,7	131,0	133,2
Quantiles				
Max 100%	12 536,6	8 168,0	6 883,3	5 522,6
99%	6 230,0	5 075,2	6 883,3	5 522,6
95%	3 597,5	2 327,9	3 974,0	2 533,1
90%	2 838,6	1 590,2	3 136,1	1 730,4
Q3 75%	1 323,4	772,1	1 462,0	840,1
Médiane 50%	413,3	334,8	456,6	364,3
Q1 25%	113,2	143,0	125,1	155,6
10%	46,1	54,1	50,9	58,8
5%	22,8	18,9	25,2	20,6
1%	4,6	7,0	5,1	7,7
Min 0%	3,5	4,3	5,1	7,7

I FIGURE 5 I

Distributions des poids du volet « imprégnation » avant et après troncature



3- Test de la pondération finale du sous-échantillon de sujets du volet « imprégnation » sur quelques variables

Afin d'apprécier l'effet de la pondération, les distributions pondérées de quelques variables corrélées à la variable d'intérêt (l'imprégnation par la chlordécone) du sous-échantillon de sujets du volet « imprégnation » ont été comparées à celles connues pour la population générale en Martinique et Guadeloupe (données Insee) (cf. tableaux 1, 2 et 3 du présent rapport pour la Guadeloupe et les tableaux 5,6 et 7 pour la Martinique). Compte tenu de l'absence de variables de contrôle (non utilisées dans le redressement), les deux tableaux ci-dessous ne présentent que les distributions des variables utilisées lors de redressement de l'échantillon du volet « imprégnation ».

Sur la base des informations disponibles, ces comparaisons montrent qu'après calage, les distributions des caractéristiques du sous-échantillon du volet « imprégnation » Kannari s'approchent de celles disponibles pour la population cible en Martinique et Guadeloupe. Néanmoins, quelques écarts subsistent pour le département de la Guadeloupe ; ceux-ci pourraient être liés à la faible taille de l'échantillon et au nombre élevé de variables de redressement utilisées.

Pour l'ensemble des variables de redressement, le calage a permis de coïncider les distributions pondérées du sous-échantillon à celles de la population cible. Toutefois, afin de pouvoir réellement s'assurer du bon calage de l'échantillon, il aurait été nécessaire d'inclure dans cette comparaison quelques variables de contrôle corrélées à la variable d'intérêt (ici le niveau d'imprégnation par la chlordécone) mais non utilisées pour le redressement. Or, ces variables n'ont pas pu être identifiées a priori ou bien leurs distributions n'étaient pas connues sur toute la population cible.

4- Conclusion

Il existe une forte dispersion des poids de sondage des sujets sélectionnés pour le volet « imprégnation » de l'étude Kannari, due essentiellement à la déformation liée à la non-réponse, à la faible taille du sous-échantillon et au mode d'échantillonnage défavorable. Outre la forte dispersion des poids, ces trois causes identifiées (non-réponse, taille de l'échantillon et mode d'échantillonnage), sont à même de générer des biais différentiels dans l'étude, que ce soit dans sa partie descriptive ou multivariée, biais dont l'ampleur et le sens sont inconnus.

Ainsi, sur la base des informations disponibles, il n'est pas possible d'affirmer ou d'infirmer l'élimination des différents biais potentiels générés par la non-réponse après pondération. Néanmoins, en raison de l'absence de données d'imprégnation par ces polluants pour la population générale guadeloupéenne et martiniquaise, nous proposons de conserver les poids de sondage présentés ici et d'exploiter l'ensemble des résultats de dosage pour la réalisation des analyses descriptives ; les faibles effectifs et la forte dispersion des poids de sondage auront comme conséquence statistique une augmentation de l'incertitude entourant les indicateurs produits. Cet impact sera de fait amplifié pour les analyses multivariées. La quantification des éventuelles variables explicatives de ces niveaux d'imprégnation sera entourée d'une incertitude plus grande. La confiance dans les résultats sera moindre qu'espérée initialement.

Annexe 3. Influence des modes d’approvisionnement sur les niveaux d’imprégnation

Les résultats de l’analyse exploratoire menée afin d’évaluer l’influence des modes d’approvisionnement sur les niveaux d’imprégnation sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Les analyses ont été conduites pour la Martinique uniquement, compte-tenu du nombre important de données manquantes pour la Guadeloupe (>40 %).

I TABLEAU 43 I

Influence des modes d’approvisionnement sur l’imprégnation par la chlordécone dans la population adulte martiniquaise (variables qualitatives)

	Effectif dans l’échantillon (% estimé dans la population)	Augmentation	
		%	IC95%
Vivre en couple			
Oui	210 (46.7)	Référence	-
Non	243 (53.3)	-13.4	[-38,7 ; 22,3]
Niveau d’étude			
Primaire	183 (37.2)	Référence	-
Secondaire	158 (33.3)	-35.2	[-57,6 ; -0,9]
Supérieur	112 (29.5)	-56.5	[-73,4 ; -28,9]
Zone contamination terrestre			
Zone contaminée	168 (21.2)	Référence	-
Zone non contaminée	285 (78.8)	-25.1	[-47,5 ; 6,8]
Zone contamination maritime			
Zone contaminée	288 (64.9)	Référence	-
Zone non contaminée	165 (35.1)	-37.9	[-56,5 ; -11,4]
Sexe de participant			
Homme	178 (45.0)	Référence	-
Femme	275 (55.0)	33,5	[-6,2 ; 90,0]
Lieu naissance			
Martinique et Guadeloupe	407 (84.1)	Référence	-
Autres DOM/TOM ou France métropolitaine/Etranger	46 (15.9)	-53.7	[-74,0 ; -17,6]
Emploi			
Oui	195 (39.4)	Référence	-
Non	77 (24.2)	-15.0	[-41,7 ; 38,1]
Autres	181 (36.3)	-10.9	[-46,6 ; 48,7]
Source d’approvisionnement fruit et légume			
Source d’approvisionnement majoritairement formelle	253 (55.1)	Référence	-
Source d’approvisionnement majoritairement informelle	180 (44.9)	52.6	[-13,0 ; 167,7]
Source d’approvisionnement produit de la mer			
Source d’approvisionnement majoritairement formelle	248 (61.6)	Référence	-
Source d’approvisionnement majoritairement informelle	163 (38.4)	-8.8	[-50,3 ; 69,8]
Source d’approvisionnement viande			
Source d’approvisionnement majoritairement formelle	373 (86.4)	Référence	-
Source d’approvisionnement majoritairement informelle	55 (13.6)	-10.1	[-52,4 ; 67,3]

I TABLEAU 43 (suite) I

Influence des modes d'approvisionnement sur l'imprégnation par la chlordécone dans la population adulte martiniquaise (variables quantitatives)

	Médiane [P25 – P75]	Augmentation entre le P25 et P75	
		%	IC95%
Âge (années)	48.9 [34.4 ; 63.6]	24%	[-18 ; 86]
IMC (kg/m ²)	26.1 [22.7 ; 30.7]	-23%	[-18 ; 2.4]
Consommation légumes racines et tubercules locaux à risque de contamination forte circuit formel	42.0 [16.5 ; 98.3]	-1.8%	[-27 ; 32]
Consommation légumes racines et tubercules locaux à risque de contamination forte circuit informel	23.6 [2.35 ; 63.7]	33.0%	[-11 ; 99]
Consommation de légumes locaux à risque de contamination intermédiaire circuit formel	90.4 [25.1 ; 222.9]	12.0%	[-24 ; 64]
Consommation de légumes locaux à risque de contamination intermédiaire circuit informel	28.6 [0.2 ; 143.9]	-57.0%	[-73 ; -32]
Consommation de viandes blanches circuit formel	36.9 [12.7 ; 66.3]	-4.3%	[-26 ; 23]
Consommation de viandes blanches circuit informel	1.6 [0 ; 4.8]	19.0%	[-20 ; 75]
Consommation de poissons circuit formel	22.5 [1.8 ; 58.9]	0.7%	[-36 ; 58]
Consommation de poissons circuit informel	10.5 [0 ; 46.5]	168.0%	[67 ; 329]
Consommation de coquillages / crustacés / mollusques circuit formel	14.2 [1.9 ; 29.3]	5.9%	[-23 ; 47]
Consommation de coquillages / crustacés / mollusques circuit informel	0.1 [0 ; 6.9]	-0.29%	[-28 ; 38]