



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

Actualisation de l'exposition alimentaire au chlordécone de la population antillaise

Evaluation de l'impact de mesures de maîtrise des risques

Septembre 2007

Le chlordécone est une molécule organochlorée, qui a été utilisée dans le passé comme insecticide, afin de lutter, entre autres, contre le charançon du bananier dans les Antilles françaises. Malgré l'interdiction de son utilisation au début des années 1990, cette molécule, très persistante, est aujourd'hui toujours présente dans les eaux et sols des Antilles françaises, et par voie de conséquence dans les produits alimentaires d'origine végétale et animale.

Depuis 2002, l'AFSSA est saisie de la question du risque lié à l'exposition alimentaire de la population antillaise au chlordécone. Un premier avis de l'AFSSA fixe en 2003 deux limites tolérables d'exposition pour l'homme. Une première évaluation de l'exposition de la population martiniquaise au chlordécone est réalisée en 2005. Celle-ci conduit les autorités françaises à fixer des limites maximales provisoires de contamination des aliments à :

- ✓ 50 µg / kg de poids frais (pf) pour les aliments contribuant majoritairement à l'exposition chronique : carotte, dachine, patate douce, igname, poulet, melon, concombre et tomate,
- ✓ 200 µg / kg pf pour les autres aliments afin de prévenir tout risque lié à une exposition accidentelle.

En parallèle, l'AFSSA préconise, à titre provisoire et uniquement pour les familles exploitant un jardin sur un sol contaminé, de limiter la consommation de dachine et de patate douce en provenance du jardin à deux fois par semaine environ. Le caractère provisoire de ces mesures découle des incertitudes restantes tant sur le niveau de contamination de certaines denrées que sur celui de l'exposition de certaines catégories de la population. Comme annoncé dans sa première évaluation, l'AFSSA s'est donc engagée, en partenariat avec d'autres organismes, dans des études d'investigation, afin de combler ces incertitudes. Les nouvelles données acquises permettent aujourd'hui de consolider l'évaluation du risque lié à la présence de chlordécone dans les aliments pour la population antillaise.

Cette réflexion s'inscrit également dans un contexte européen. En effet, la Commission européenne a engagé en 2006 une procédure d'harmonisation des normes de résidus de pesticides en vigueur dans les différents Etats membres de l'Union européenne, conformément à la directive 396/2005/CE relative aux « *limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale* ». Le chlordécone, bien que substance interdite, est inscrit dans la liste des molécules concernées par cette procédure.

Le Comité d'Experts Spécialisé « Résidus Contaminants Chimiques et Physiques » de l'AFSSA a procédé en 2007 à la revue des études relatives à la toxicité du chlordécone et a examiné les données d'imprégnation de la population guadeloupéenne au chlordécone, mises à sa disposition par l'INSERM. Il maintient les deux limites tolérables d'exposition pour l'homme, déjà proposées en 2003 :

- ✓ l'une de 0,5 µg / kg poids corporel (p. c.) / jour pour l'exposition chronique en se fondant sur la néphrotoxicité observée dans une étude long terme chez le rat,
- ✓ l'autre de 10 µg / kg p. c. / jour pour l'exposition aiguë en se fondant sur la neurotoxicité observée dans les études court terme chez le rat,

et rappelle que la population la plus sensible pourrait être l'enfant en bas-âge.

L'évaluation de l'exposition alimentaire de la population antillaise est également actualisée sur la base des nouvelles données disponibles :

- ✓ L'enquête CALBAS sur les consommations et approvisionnements alimentaires réalisée sur 683 individus de la région de Basse-Terre en Guadeloupe vient compléter les habitudes alimentaires de la population martiniquaise, déjà renseignées à travers l'étude ESCAL menée sur 1965 individus. Réalisées sur des populations âgées de plus de 3 ans, ces études ne permettent pas d'évaluer l'exposition de l'enfant en bas-âge. Une enquête de consommation spécifique réalisée dans le cadre de l'étude épidémiologique TIMOUN est actuellement en cours en Guadeloupe, mais les résultats ne seront pas disponibles avant 2008.

- ✓ Les enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe renseignent les niveaux de contamination des aliments disponibles dans les circuits de distribution antillais. Ces études ont été réalisées selon un plan d'échantillonnage tenant compte des habitudes de consommation et d'approvisionnement de la population martiniquaise et guadeloupéenne, ayant permis la collecte de respectivement 894 et 744 échantillons.
- ✓ L'enquête HIBISCUS renseigne le niveau de contamination du lait maternel, à travers 103 prélèvements réalisés dans les 3 jours suivant l'accouchement de femmes guadeloupéennes.

L'exposition alimentaire est évaluée au niveau individuel afin d'intégrer la variabilité entre les individus composant la population, sur la base des niveaux réels de contamination des aliments, en s'appuyant sur la méthodologie internationale préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

L'exposition est modulée selon le lieu d'habitation des individus et les origines de leur approvisionnement alimentaire. En zone contaminée, il est considéré, selon une hypothèse protectrice, que les produits consommés issus de l'auto production sont systématiquement contaminés. Les produits en provenance des marchés, des petite et grande distribution sont quant à eux considérés comme étant parfois contaminés, parfois non contaminés, selon la fréquence et le niveau de contamination mesurés à travers les enquêtes RESO. De même, en zone non contaminée, quelle que soit leur origine, les produits sont considérés comme contaminés selon la fréquence et le niveau observés dans les enquêtes RESO.

L'exposition alimentaire est analysée sous deux angles :

- ✓ l'exposition chronique destinée à refléter le niveau moyen de chlordécone apporté par les aliments, auquel est exposé chaque individu tout au long de la vie. Elle est rapportée au poids corporel de l'individu, afin d'être comparée à la limite tolérable d'exposition chronique,
- ✓ l'exposition aiguë destinée à refléter un niveau élevé de chlordécone apporté par un aliment exceptionnellement contaminé, auquel est exposé un individu un jour donné. Elle est également rapportée au poids corporel de l'individu, afin d'être comparée à la limite tolérable d'exposition aiguë.

Compte-tenu des facteurs de sécurité utilisés dans l'établissement des limites tolérables et du degré de conservatisme associé aux modèles d'exposition, un dépassement de cette limite n'est pas synonyme de risque pour la santé humaine. Il place cependant les individus concernés dans une situation d'incertitude sur l'existence d'un risque éventuel.

L'évaluation de l'exposition aiguë montre que 4 types de denrées peuvent être contaminés à un niveau susceptible de représenter un risque aigu pour la population antillaise : le chou caraïbe (malanga), le dachine (madère), la patate douce, les poissons et crustacés d'eau douce. **Un seuil de contamination maximale des aliments fixé à 50 µg / kg pf pour le dachine (madère), la patate douce et le chou caraïbe (malanga), et à 200 µg / kg pf pour les poissons et crustacés d'eau douce permet de protéger intégralement la population antillaise du risque lié à une exposition aiguë.**

Les niveaux estimés de l'exposition chronique de la population antillaise sont globalement moins élevés que ceux précédemment évalués par l'AFSSA en 2005, ce qui révèle l'impact principal de la meilleure représentativité des données de contamination utilisées. Les enquêtes RESO sont en effet réalisées selon un échantillonnage aléatoire des denrées disponibles dans les circuits de distribution, tandis que les plans de surveillance et de contrôle, initialement utilisés, sont plus particulièrement ciblés sur les denrées et zones susceptibles de représenter un risque. Les enquêtes RESO intègrent par ailleurs l'efficacité des mesures de maîtrise du risque actuellement mises en œuvre : arrêtés préfectoraux adoptés en 2003 relatifs à l'analyse préventive des sols, la limite maximale de 0,1 µg / L dans l'eau de consommation, les limites maximales provisoires de contamination des aliments.

Comme en 2005, l'exposition chronique est plus élevée chez les enfants que chez les adultes. La probabilité de dépasser la limite tolérable d'exposition chronique est estimée au maximum à 18,5% [6,3 ; 38,1] chez les enfants de 3 à 5 ans vivant en zone contaminée tandis qu'elle s'élèverait au

maximum à 0,2% [0,2 ; 0,3] chez les adultes vivant en zone contaminée. Elle est par contre nulle pour les individus, enfants ou adultes, vivant en zone non contaminée.

Les produits de la mer et les légumes racines sont les principales denrées contributrices à l'apport total en chlordécone, en raison de leur niveau de contamination. D'autres denrées, tels la banane, le corossol et le concombre, ressortent chez certaines populations, en particulier les enfants, principalement du fait d'une consommation relativement fréquente. En revanche, la tomate, le melon¹ et la viande de poulet, précédemment identifiés comme principaux contributeurs, ne ressortent plus en tant que tels, en raison de niveaux de contamination moins élevés qu'initialement estimés. De plus, les données des enquêtes RESO, intégrant les mesures de maîtrise des risques mises en œuvre, ne révèlent aucun dépassement du seuil de 50 µg / kg pf pour ces trois denrées.

La simulation de l'impact des limites maximales sur le niveau de protection de la population antillaise en ce qui concerne le risque chronique lié à l'exposition alimentaire conduit à préconiser l'élargissement de l'application du seuil maximal de 50 µg / kg pf aux choux caraïbes et aux produits de la mer.

Il est souligné que les niveaux déterminés dans le cadre de cette évaluation, s'élevant à 200 µg / kg pf pour les produits d'eau douce afin de protéger la population d'un risque aiguë, et à 50 µg / kg pf pour les principaux contributeurs afin de protéger la population d'un risque chronique, représentent des seuils maximums tolérables de contamination des aliments. **Pour ces denrées, toutes limites maximales inférieures ou égales à ces seuils sont donc protectrices pour le consommateur antillais. Pour les autres denrées susceptibles d'être contaminées mais dont la contribution à l'exposition n'est pas significative compte tenu des niveaux de contamination observés, l'établissement d'une limite maximale n'apparaît pas nécessaire du point de vue strictement sanitaire.**

En considérant une efficacité des limites maximales uniquement sur les produits commercialisés, il apparaît que ces dernières, dans la limite des hypothèses du modèle, ne suffisent cependant pas à protéger l'ensemble de la population. L'étude détaillée des individus à risque révèle qu'entre 95% et 99% de leur exposition est en réalité expliquée par les apports des produits auto-consommés (jardins familiaux, dons, approvisionnement direct auprès du producteur ou sur le bord des routes). Un abaissement des limites maximales s'appliquant aux produits commercialisés, même au niveau le plus faible de 10 µg / kg pf, ne permettrait pas d'aboutir, pour ces personnes, à un niveau d'exposition en deçà de la limite tolérable d'exposition chronique. Ainsi, il semble indispensable d'accompagner les limites maximales de contamination des aliments et les autres mesures de gestion des risques, de préconisations de consommation ciblées sur ces populations à risque.

Compte-tenu des hypothèses des modèles, il ressort qu'une limitation à 2 fois par semaine de la consommation de patates douces, ignames et dachines issus des jardins familiaux contribue à réduire le niveau d'exposition des populations vivant dans les zones contaminées. En effet, la probabilité de dépasser la limite tolérable d'exposition chronique ne dépasserait pas 12% [2,6 ; 31,2] chez les enfants de 3 à 5 ans de la zone contaminée de Martinique respectant cette préconisation, tandis qu'elle s'élèverait à 50% [1,3 ; 98,7] chez les enfants de 3 à 5 ans qui ne respectent pas cette préconisation. D'après les enquêtes de consommation ESCAL et CALBAS, plus de la moitié des adultes et plus des trois quarts des enfants des zones contaminées de Martinique et Guadeloupe ont des habitudes de consommation dans la limite préconisée.

Même en limitant à 2 fois par semaine la consommation de patates douces, ignames et dachines issus des jardins familiaux, certains individus de la zone contaminée ont des niveaux d'exposition dépassant la limite tolérable d'exposition chronique. Ces dépassements sont expliqués par une très forte consommation des produits de la pêche en provenance du circuit court (pêche de loisir, de subsistance ou achat sur le bord des routes). Une limitation à 4 fois par semaine, soit environ un jour sur deux, permettrait, pour ces individus, de garantir un niveau d'exposition en deçà de la limite

¹ Il est rappelé que compte-tenu des groupes d'aliments définis dans les enquêtes de consommation, le groupe des melons intègre la pastèque, le melon, la papaye et la carambole.

tolérable d'exposition chronique. D'après les enquêtes de consommation ESCAL et CALBAS, le taux de personnes vivant en zone contaminée, ne consommant pas plus de 2 fois par semaine des légumes racines issus des jardins familiaux et ne consommant pas plus de 4 fois par semaine des produits de la pêche issus d'une pêche de loisir, de subsistance ou achetés sur les bords des routes, est estimé :

- ✓ entre 45% et 78% selon les groupes d'âge en Martinique,
- ✓ entre 62% et 80% selon les groupes d'âge en Guadeloupe.

Cette évaluation fait ressortir d'importantes différences en terme de risque lié à l'exposition alimentaire au chlordécone entre les zones contaminées et les zones non contaminées. Celles-ci sont principalement liées aux hypothèses protectrices réalisées sur le niveau de contamination des produits auto consommés en zone contaminée, considérés comme systématiquement contaminés. Elles révèlent donc la nécessité de mieux renseigner ce phénomène :

- ✓ caractériser la contamination des aliments issus des jardins familiaux, de manière directe en mesurant les niveaux de contamination de ces produits, ou de manière indirecte, en élargissant autant que possible la cartographie des terres polluées aux jardins de production de subsistance. Des programmes de prévention pour les populations à risque, pilotés par les DSDS de Martinique et de Guadeloupe, ont été établis à cette fin. Ils permettront d'identifier les populations à risque, et d'adapter les préconisations de consommation envers ces populations.
- ✓ caractériser la contamination des produits de la mer et d'eau douce, ainsi que leurs déterminants. Malgré les arrêtés locaux d'interdiction de la pêche côtière et dans certaines rivières contaminées, les enquêtes RESO montrent que des produits de la mer et d'eau douce très contaminés atteignent les circuits de distribution. Une meilleure caractérisation de la contamination des produits et des milieux permettrait d'affiner les zones de pêche et / ou les espèces susceptibles de représenter un risque. Un appui scientifique et technique de l'AFSSA est prévu en ce sens.

En ce qui concerne l'autoproduction et dans l'attente des résultats de ces études et programmes, l'AFSSA maintient donc la préconisation provisoire, pour les familles exploitant un jardin sur un sol contaminé, de limiter leur consommation de dachines, patates douces et ignames provenant du jardin, à deux fois par semaine. Elle rappelle, pour les populations ayant des habitudes de pêche de loisir ou de subsistance, l'importance de respecter les arrêtés d'interdiction de la pêche actuellement en vigueur et, en cas de doute sur l'origine des produits de la pêche, de limiter leur consommation à un jour sur deux. Elle ne formule aucune préconisation pour les autres denrées faisant l'objet d'autoproduction. En ce qui concerne les produits commercialisés, elle insiste sur le fait qu'aucune limitation de consommation n'est préconisée ni pour les produits disponibles sur les marchés, ni pour les produits issus des petite et grande distributions.

Enfin, il convient de rappeler que les nourrissons et enfants de moins de 3 ans ne sont pas pris en compte de manière spécifique dans cette évaluation. Une étude de consommation adaptée à ce groupe d'âge, considéré comme sensible, est actuellement en cours. Cette étude est greffée à l'étude de cohorte mère – enfant TIMOUN, pilotée par l'INSERM en Guadeloupe, dont l'objectif est d'établir l'impact d'une exposition pré et péri natale au chlordécone et autres polluants organiques persistants sur le développement de l'enfant. Concernant la contamination du lait maternel, l'enquête HIBISCUS a permis le dosage du chlordécone dans une centaine d'échantillons prélevés dans les jours suivants la naissance. Les niveaux de contamination observés ne semblent pas être de nature à représenter un risque pour le nourrisson. Des prélèvements complémentaires de lait maternel sont prévus dans le cadre de l'enquête TIMOUN. Combinés aux données de consommation en cours de recueil, ils permettront de caractériser l'évolution de l'exposition alimentaire du jeune enfant antillais au chlordécone pendant la phase de diversification alimentaire. Dans l'attente d'une évaluation plus fine, l'exposition des enfants de moins de 3 ans peut être scientifiquement approchée par le groupe d'âge le plus proche pour lequel les enquêtes ESCAL et CALBAS fournissent des données de consommation, à savoir les 3 à 5 ans. **Aussi, les préconisations provisoires de consommation formulées pour la population générale âgée de plus de 3 ans s'appliquent également aux nourrissons et jeunes enfants.**

Résumé exécutif	2
Sommaire	6
1. Rappel du contexte et des objectifs	8
2. Données utilisées pour l'évaluation de l'exposition	10
2.1 Données de consommation et d'approvisionnement alimentaire	10
2.1.1 Description des enquêtes ESCAL et CALBAS	10
2.1.2 Estimation des consommations alimentaires individuelles	11
2.1.3 Estimation des habitudes d'approvisionnement au niveau individuel	12
2.2 Données de contamination de l'eau et des aliments	13
2.2.1 Description des enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe	13
2.2.2 Estimation des niveaux de contamination des aliments	14
2.2.3 Hypothèses réalisées sur certains aliments	15
2.2.4 Principaux résultats	16
3. Méthode d'évaluation de l'exposition alimentaire au chlordécone et de l'impact des mesures de gestion des risques en vigueur	17
3.1 Modulation du niveau de contamination selon la zone et les circuits d'approvisionnement	17
3.1.1 Etude de l'influence et du circuit d'approvisionnement sur le niveau de contamination	17
3.1.2 Modulation de l'exposition en fonction de la zone d'habitation	18
3.1.3 Modulation de l'exposition en fonction du circuit d'approvisionnement	18
3.2 Evaluation de l'exposition alimentaire de la population antillaise	19
3.2.1 Estimation de l'exposition chronique de la population antillaise	19
3.2.2 Identification des aliments principaux contributeurs à l'exposition chronique	19
3.2.3 Estimation de l'exposition aiguë de la population et identification des denrées susceptibles de représenter un risque aiguë	20
3.3 Estimation de l'impact total des LMp en vigueur sur le niveau d'exposition des populations	21
3.3.1 Impact total des LMp en vigueur	21
3.3.2 Impact total des LMp en vigueur élargie aux nouveaux aliments « principaux contributeurs »	21
3.4 Estimation de l'impact des recommandations de consommation	22
3.4.1 Prise en compte des habitudes d'autoconsommation	22
3.4.2 Estimation de l'exposition des populations respectant les préconisations de consommation	22
4. Résultats	23
4.1 Exposition alimentaire réelle de la population antillaise	23
4.1.1 Exposition chronique de la population antillaise	23
4.1.2 Identification des aliments principaux contributeurs à l'exposition	26
4.1.3 Exposition aiguë de la population antillaise	28
4.2 Impact total des LMp en vigueur sur le niveau d'exposition des populations	30
4.2.1 Exposition chronique de la population antillaise	30
4.2.2 Exposition aiguë de la population antillaise	32
4.3 Impact des recommandations de consommation	35
4.3.1 Prise en compte des habitudes d'autoconsommation	35
4.3.2 Exposition des populations respectant les préconisations de consommation	36
4.4 Evaluation de l'incertitude	41
4.4.1 Incertitude associée aux données utilisées	41
4.4.2 Incertitude associée aux modèles	41

5. Etat des connaissances pour l'évaluation de l'exposition des nourrissons et jeunes enfants	44
5.1 Habitudes de consommation des nourrissons et jeunes enfants	44
5.2 Niveau de contamination du lait maternel	44
6. Conclusion	46
7. Remerciements	48
8. Bibliographie	49
9. Annexes	51

Ce rapport est à référencer :

AFSSA (2007). Actualisation de l'exposition alimentaire au chlordécone de la population antillaise, évaluation de l'impact de mesures de maîtrises des risques. Document technique AQR/FH/2007-219. 79 pages.

1. Rappel du contexte et des objectifs

Le chlordécone est une molécule organochlorée, qui a été utilisée dans le passé comme insecticide, afin de lutter, entre autres, contre le charançon du bananier dans les Antilles françaises. Malgré l'interdiction de son utilisation au début des années 1990, cette molécule, très rémanente et lipophile, est aujourd'hui toujours présente dans les eaux et sols des Antilles françaises, et par voie de conséquence dans les produits alimentaires d'origine végétale et animale. Dans ce contexte, l'AFSSA² a été saisie à plusieurs reprises pour évaluer les conséquences sanitaires de cette contamination sur la population antillaise.

En 2003, un premier avis de l'AFSSA a fixé deux limites tolérables d'exposition pour l'homme :

- ✓ l'une de 0,5 µg / kg poids corporel (p. c.) / jour pour l'exposition chronique en se fondant sur la néphrotoxicité observée dans une étude long terme chez le rat,
- ✓ l'autre de 10 µg / kg p. c. / jour pour l'exposition aiguë en se fondant sur la neurotoxicité observée dans les études court terme chez le rat (AFSSA, 2003).

En 2005, l'AFSSA a réalisé une première évaluation de l'exposition de la population martiniquaise au chlordécone (AFSSA, 2005b). Cette étude s'est appuyée sur les données alors disponibles :

- ✓ les habitudes de consommation de la population martiniquaise, issues de l'enquête ESCAL³,
- ✓ les niveaux de contamination des aliments, estimés à partir des différents plans de surveillance et de contrôle des administrations ainsi que des études environnementales.

Les conclusions de cette évaluation ont conduit les autorités françaises à fixer des limites maximales provisoires de contamination des aliments (LMp) à :

- ✓ 50 µg / kg de poids frais (pf) pour les aliments contribuant majoritairement à l'exposition chronique : carotte, dachine, patate douce, igname, poulet, melon, concombre et tomate,
- ✓ 200 µg / kg pf pour les autres aliments afin de prévenir tout risque lié à une exposition exceptionnelle.

En parallèle, l'AFSSA a également préconisé, à titre provisoire et uniquement pour les familles exploitant un jardin sur un sol contaminé, de limiter la consommation de dachine et de patate douce en provenance du jardin à deux fois par semaine environ. Le caractère provisoire de ces mesures découle des incertitudes restantes tant sur le niveau de contamination de certaines denrées que sur celui de l'exposition de certaines catégories de la population. Comme annoncé dans sa première évaluation, l'AFSSA s'est donc engagée, en partenariat avec d'autres organismes, dans des études d'investigation, afin de combler ces incertitudes.

Les nouvelles données acquises permettent aujourd'hui de consolider l'évaluation du risque lié à la présence de chlordécone dans les aliments pour la population antillaise selon les axes suivants :

- ✓ vérifier la validité des limites tolérables d'exposition pour l'homme proposées en 2003,
- ✓ actualiser la caractérisation du risque lié à l'exposition alimentaire de la population antillaise,
- ✓ évaluer le niveau de protection associé aux mesures de maîtrise du risque, en particulier les limites maximales de contamination des aliments en vigueur en France depuis 2005.

Cette réflexion s'inscrit désormais dans un contexte européen. En effet, la Commission européenne a engagé en 2006 une procédure d'harmonisation des normes de résidus de pesticides en vigueur dans les différents Etats membres de l'Union européenne, conformément à la directive 396/2005/CE relative aux « *limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale* ». Le chlordécone, bien que substance interdite, est inscrit dans la liste des molécules concernées par cette procédure.

² Agence française de sécurité sanitaire des aliments

³ Enquête sur la Santé et les Comportements Alimentaires en Martinique réalisée par la Cire Antilles Guyane et l'Observatoire de la Santé de Martinique

L'analyse des nouvelles données toxicologiques et sur l'imprégnation des populations conduit en 2007 le Comité d'Experts Spécialisé « Résidus Contaminants Chimiques et Physiques » à maintenir les deux limites tolérables d'exposition proposées en 2003.

Ce rapport détaille l'étude de l'exposition alimentaire de la population antillaise. Cette analyse s'appuie sur les niveaux de contamination des aliments issus des enquêtes RESO⁴ Martinique et Guadeloupe réalisées selon un échantillonnage représentatif des habitudes de consommation et d'approvisionnement de la population. Outre les habitudes de consommation de la population martiniquaise, déjà exploitées en 2005, elle intègre les résultats de l'enquête de consommation CALBAS⁵ réalisée auprès de la population guadeloupéenne âgée de plus de 3 ans. Ces données sont décrites dans le chapitre suivant.

L'exposition alimentaire de la population antillaise est analysée sous deux angles :

- ✓ l'exposition chronique destinée à refléter le niveau moyen de chlordécone apporté par les aliments, auquel est exposé chaque individu tout au long de la vie. Elle est rapportée au poids corporel de l'individu, afin d'être comparée à la limite tolérable d'exposition chronique,
- ✓ l'exposition aiguë destinée à refléter un niveau élevé de chlordécone apporté par un aliment exceptionnellement contaminé, auquel est exposé un individu un jour donné. Elle est également rapportée au poids corporel de l'individu, afin d'être comparée à la limite tolérable d'exposition aiguë.

Compte-tenu des facteurs de sécurité utilisés dans l'établissement des limites tolérables et du degré de conservatisme associé aux modèles d'exposition, un dépassement de cette limite n'est pas synonyme de risque pour la santé humaine. Elle place cependant les individus concernés dans une situation d'incertitude sur l'existence d'un risque éventuel.

Dans un premier temps, une estimation du niveau réel et actuel de l'exposition de la population antillaise est fournie, selon la méthodologie préconisée par le JECFA⁶ et l'OMS⁷ pour les contaminants environnementaux (FAO/WHO, 2000), en pondérant la contamination des aliments selon leur origine d'approvisionnement. Sur la base des résultats de l'exposition chronique, la liste des principaux aliments contributeurs à l'apport total en chlordécone par voie alimentaire est affinée. Les aliments, dont les niveaux extrêmes de contamination sont susceptibles de représenter un risque d'ordre aiguë pour la population antillaise, sont également identifiés.

Dans une seconde partie, cette étude estime l'impact total des mesures de gestion en vigueur sur le niveau de protection de la population antillaise, en considérant d'une part les principaux aliments contributeurs déjà connus, et d'autre part les aliments contributeurs nouvellement identifiés.

Les différents modèles sont présentés en partie 3. Les résultats descriptifs et des différentes simulations sont présentés en partie 4 de ce rapport.

Les nourrissons et jeunes enfants n'étant pas pris en compte de manière spécifique dans cette évaluation, une dernière partie dresse l'état des connaissances disponibles pour l'estimation de l'exposition alimentaires des nourrissons et jeunes enfants.

⁴ Etudes sur les Résidus Organochlorés dans les aliments en Martinique et Guadeloupe coordonnées par la Cire Antilles Guyane.

⁵ Enquête sur les Comportements ALimentaires dans la région de BASse Terre en Guadeloupe réalisée par la Cire Antilles Guyane et l'Observatoire Régional de la Santé de la Guadeloupe.

⁶ *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Contaminants and Additives*, comité d'experts international émanant de l'OMS et de la FAO.

⁷ Organisation Mondiale de la Santé.

2. Données utilisées pour l'évaluation de l'exposition

2.1 DONNEES DE CONSOMMATION ET D'APPROVISIONNEMENT ALIMENTAIRE

Les données de consommation des aliments sont issues des enquêtes ESCAL et CALBAS réalisées respectivement entre décembre 2003 et mai 2004 en Martinique et en avril 2005 en Guadeloupe, sous l'impulsion de la Cire Antilles – Guyane et en collaboration avec d'autres organismes (ORS⁸ en Martinique, ORSaG⁹ en Guadeloupe).

2.1.1 Description des enquêtes ESCAL et CALBAS

L'enquête ESCAL a porté sur 817 foyers, soit 2114 individus âgés de plus de 3 ans. Son plan d'échantillonnage a été établi à partir des résultats du recensement INSEE¹⁰ de 1999. Il est stratifié selon l'appartenance ou non à une zone dont le sol est cartographié comme contaminé au chlordécone par le BRGM¹¹ (Desprats *et al.*, 2004). L'enquête CALBAS a porté sur 300 foyers, soit 790 individus âgés de plus de 3 ans. Le plan d'échantillonnage a également été défini à partir du recensement INSEE, mais ciblé uniquement sur 9 communes considérées comme contaminées du Sud de la Basse-Terre : Goyave, Capesterre Belle Eau, Trois Rivières, Gourbeyre, Vieux Fort, Basse Terre, Baillif et Vieux Habitants. Seuls les individus résidant depuis plus de 12 mois dans les zones d'enquête ont été inclus dans ces études.

Un questionnaire sur les fréquences de consommation (dit fréquentiel) a été spécialement développé dans le cadre de ces études afin de renseigner les aliments connus pour être, ou pouvant être, contaminés au chlordécone. Il a été administré à l'ensemble des individus âgés de plus de 3 ans. Les poids et taille des individus au moment de l'enquête ont été mesurés. Les adultes âgés de plus de 16 ans se sont également vus administrer un rappel alimentaire de 24 heures. La taille des portions consommées a été estimée à l'aide du cahier photos de l'étude SUVIMAX¹², illustrant environ 7 tailles de portions pour 245 types de denrées (Herberg *et al.*, 1994). Le rappel a été répété deux fois de manière non consécutive en Martinique, alors qu'il n'a été administré qu'une seule fois en Guadeloupe. Enfin, il a été demandé au chef du foyer de renseigner les habitudes d'approvisionnement et d'autoconsommation du foyer, en précisant les fréquences relatives d'approvisionnement :

- ✓ en grande distribution : hypermarché, supermarché, supérette,
- ✓ en petite distribution : épicerie, boucherie, boulangerie,
- ✓ au marché,
- ✓ par le « circuit court » : concept incluant l'autoproduction, les dons, ainsi que les achats sur le bord des routes ou directement auprès du producteur.

Par la suite, on appellera « autoconsommation » les consommations alimentaires de produits issus de ce circuit court.

Le taux global de participation est de 93% en Martinique et de 87% en Guadeloupe avec respectivement 1965 et 683 individus ayant répondu à au moins l'un des questionnaires :

- ✓ fréquentiel : 1814 individus en Martinique (92%) et 683 en Guadeloupe (100%),
- ✓ rappel de 24h : 1358 adultes en Martinique (99%) et 531 en Guadeloupe (99%),
- ✓ habitudes d'approvisionnement : 754 foyers en Martinique (92%) et 300 en Guadeloupe (100%),
- ✓ poids et taille : 1758 individus en Martinique (89%) et 670 en Guadeloupe (98%).

⁸ Observatoire Régional de la Santé de Martinique

⁹ Observatoire Régional de la Santé de Guadeloupe

¹⁰ Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

¹¹ Bureau de Recherches Géologiques et Minières

¹² Etude sur la *SU*plémentation en Vitamines et en Minéraux AntioXydants

En Martinique, seuls les individus pour lesquels l'ensemble des informations sont disponibles sont utilisés dans la suite de l'étude. En Guadeloupe, compte tenu des effectifs relativement faibles, des corrections ont autant que possible été apportées aux données manquantes sur le poids, la taille et l'âge des individus, en attribuant une valeur tirée au sort parmi les individus ou foyers possédant les mêmes caractéristiques. Elles concernent au total 16 personnes, soit 2,3% de la population d'étude.

De même, certains foyers n'ont que partiellement renseignés leurs habitudes d'approvisionnement (N = 8 (1,1%) dans ESCAL, N = 10 (3,3%) dans CALBAS). Dans ces cas, les modalités manquantes ont été remplacées par des modalités tirées au sort parmi les foyers appartenant à la même zone (contaminée ou non) et ayant les mêmes habitudes en terme d'autoproduction.

2.1.2 Estimation des consommations alimentaires individuelles

La qualité des données de consommation est évaluée par l'intermédiaire de l'estimation du nombre de « sous-déclarants ». Les apports énergétiques estimés à partir des consommations déclarées sont comparés aux besoins métaboliques de base, définis pour chaque individu selon les équations de Schofield (Black, 2000). Lorsque les apports énergétiques déclarés par un individu sont significativement inférieurs à ses besoins métaboliques de base, alors l'individu est considéré comme sous-déclarant. En ce qui concerne le rappel de 24h, les taux de sous-déclarants « sévères » sont compris, selon la méthode appliquée, entre 38 et 47% pour les adultes de l'enquête ESCAL et entre 29 et 34% pour les adultes de CALBAS (AFSSA, 2005a).

Compte-tenu de ce fort taux de sous-déclaration et en raison de l'absence de données de rappel disponibles chez les enfants, les données de consommation utilisées dans cette évaluation, détaillées en annexe 1, sont estimées à partir des fréquences de consommation pondérées par une taille médiane de portion, selon la formule suivante :

$$C_{ij} = \frac{Fq_{ij} \times (T_i \times rt_{ik})}{365}$$

avec:

C_{ij} la quantité journalière d'aliment i consommée par l'individu j (en g / j),

Fq_{ij} la fréquence annuelle de consommation de l'aliment i par l'individu j ,

T_i la taille de portion médiane de l'aliment i (en g),

rt_{ik} le ratio appliqué à la taille de portion de l'aliment i pour le groupe d'âge k ($rt_{ik} = 1$ pour les individus de plus de 16 ans).

Chez les adultes, la taille médiane de portion est calculée à partir des données du rappel de 24h des individus normo-évaluants¹³. Dans ESCAL, les données du rappel étant agrégées par jour de consommation, les tailles dérivées correspondent à des tailles médianes journalières et la fréquence de consommation est en conséquence limitée à au plus une fois par jour. Dans CALBAS, les données du rappel étant détaillées par acte de consommation, les tailles dérivées correspondent à des tailles médianes de portion par acte de consommation, la fréquence de consommation pouvant être de plusieurs fois par jour.

Chez les enfants, les tailles médianes de portion sont dérivées de celles observées chez les adultes, en appliquant un ratio « taille de portion enfant / taille de portion adulte » estimé à partir des données de l'étude nationale métropolitaine INCA1 (Volatier, 2000). Ces ratios sont déterminés pour chaque denrée du fréquentiel sur trois tranches d'âge (3-5 ans, 6-10 ans et 11-14 ans) afin de tenir compte de l'augmentation de la taille de portion avec l'âge.

Afin de vérifier la cohérence des niveaux de consommation ainsi estimés, les apports énergétiques totaux ont à nouveau été calculés et comparés aux besoins métaboliques de base. Le tableau 1 montre que les apports énergétiques individuels moyens sont relativement élevés, en particulier chez les enfants de 3 à 15 ans, traduisant une possible surestimation des consommations alimentaires

¹³ Individus non identifiés comme sous-déclarants sévères

individuelles. Cette surestimation est susceptible d'aboutir à une surestimation des niveaux d'exposition de ces populations.

Tableau 1 : apports énergétiques individuels moyens en kcal / j selon la classe d'âge

	Guadeloupe	Martinique	Métropole
3-15 ans	entre 2271 et 3025 selon les sous-groupes d'âge	entre 2136 et 2995 selon les sous-groupes d'âge	entre 1603 à 2052 selon les sous-groupes d'âge
16 ans et plus	2483	2380	2203

Sources : *Enquêtes ESCAL, CALBAS, INCAI – Traitement AFSSA*

Les taux de sous-déclarants s'élèvent désormais à 15,6% des adultes en Martinique, et à 20,1% des adultes en Guadeloupe. Ces individus sont exclus de la suite de l'analyse, afin de ne pas sous-estimer l'exposition alimentaire de la population antillaise au chlordécone. Les individus ayant des apports journaliers totaux supérieurs à 6000 kcal/jour, jugés aberrants, sont également exclus (N = 2 enfants en Martinique et N = 3 enfants et 1 adulte en Guadeloupe).

L'échantillon final est donc composé de 1500 individus en Martinique (1095 adultes et 405 enfants) et de 537 individus en Guadeloupe (401 adultes et 136 enfants), séparé en 12 sous-groupes étudiés de manière distincte dans la suite de l'évaluation :

Tableau 2 : effectifs des sous-groupes pris en compte dans l'évaluation

	Guadeloupe, Zone contaminée	Martinique, Zone contaminée	Martinique, Zone non contaminée
3-5 ans	26	27	39
6-10 ans	54	58	90
11-15 ans	56	79	112
16 ans et plus	401	476	619

Cette étude ne propose pas d'extrapolation des résultats à l'ensemble de la population martiniquaise ou guadeloupéenne. En Guadeloupe, aucune information n'est disponible sur les habitudes de consommation des individus n'habitant pas en zone contaminée. En Martinique, compte tenu de la répartition des individus entre les zones contaminées et non contaminées, un facteur de pondération de 0,32 devrait être appliqué aux individus habitant les zones contaminées afin d'obtenir une estimation pour la population générale (Dubuisson *et al.*, 2007).

2.1.3 Estimation des habitudes d'approvisionnement au niveau individuel

Les habitudes d'approvisionnement, renseignées au niveau du foyer, sont attribuées à chaque individu du foyer.

Le questionnaire d'approvisionnement ne détaille les habitudes d'approvisionnement que pour 68 des 105 denrées définies dans le fréquentiel et utilisées dans le cadre de cette évaluation. En particulier, le questionnaire ne détaille pas les habitudes d'approvisionnement pour les 13 types de fruits définis dans le fréquentiel. Il est donc fait l'hypothèse que les habitudes d'approvisionnement pour chaque type de fruits correspondent aux habitudes d'approvisionnement renseignées pour l'ensemble des fruits.

Pour chaque individu, il est vérifié qu'à chaque denrée consommée correspond au moins une origine d'approvisionnement. Dans respectivement 4,1% et 5,5% des cas dans CALBAS et ESCAL, l'individu déclare consommer la denrée, mais ne s'approvisionne dans aucun des 4 circuits de distribution.

L'origine de ces écarts est principalement liée au fait que le questionnaire d'approvisionnement a été administré au chef du foyer, reflétant ainsi les habitudes alimentaires au sein du foyer, alors que les habitudes de consommation sont relevées au niveau individuel, incluant donc également les consommations hors foyer. Ces dernières ne sont pas négligeables. En effet, 89% et 86% des populations enquêtées dans CALBAS et ESCAL déclarent consommer hors du foyer : 51% consommeraient au moins une fois par semaine en dehors du domicile, tandis que respectivement 30% et 35% consommeraient plus de 3 fois par semaine hors du domicile.

L'exposition alimentaire étant modulée selon les habitudes d'approvisionnement, chaque écart est corrigé par les habitudes moyennes d'approvisionnement des foyers appartenant à la même zone, afin d'éviter toute sous-estimation de l'exposition. Les habitudes moyennes d'approvisionnement, estimées à partir des enquêtes CALBAS et ESCAL, sont détaillées en annexe 2.

2.2 DONNEES DE CONTAMINATION DE L'EAU ET DES ALIMENTS

Les données de contamination de l'eau correspondent aux résultats des campagnes de contrôle des DSDS de Martinique (année 2006) et de Guadeloupe (année 2005). Les données de contamination des aliments sont issues des enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe, réalisées respectivement entre novembre 2005 et juillet 2006 en Martinique et entre juillet 2006 et juillet 2007 en Guadeloupe, coordonnées par la Cire Antilles-Guyane, en partenariat avec l'ORS de Martinique, la DSDS de Guadeloupe, le LERQAP¹⁴, 17 laboratoires d'analyse¹⁵ et la DERNIS¹⁶ (AFSSA, 2007).

2.2.1 Description des enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe

Les enquêtes RESO ont permis la collecte de 894 échantillons en Martinique, 744 en Guadeloupe représentant respectivement 48 et 59 types de denrées différentes. Elles ont été conçues selon un plan d'échantillonnage représentatif des habitudes de consommation et d'approvisionnement de la population martiniquaise et guadeloupéenne et stratifié selon l'appartenance ou non à la zone contaminée.

Les prélèvements ont été réalisés selon un échantillonnage aléatoire des aliments disponibles sur les lieux de vente et dans les jardins familiaux. Dans RESO Guadeloupe, 38% (N=280) des échantillons proviennent de la grande surface, avec un taux de réalisation de 88%. Le circuit court représente 18% (N=131) des échantillons, avec un taux de réalisation de 49%. Ce faible taux est compensé par un plus grand nombre de prélèvements réalisés en marché et en petite distribution – taux de réalisation de 128% – soit respectivement 31% (N=232) et 14% (N=101) des prélèvements de RESO Guadeloupe. Dans RESO Martinique, 32% (N=288) des échantillons proviennent des grandes surfaces, avec un taux de réalisation de 96%. Le taux de réalisation pour l'ensemble des autres circuits (petite distribution, marché et circuit court) n'atteint que 83%, en raison de quelques difficultés rencontrées par les enquêteurs pour trouver les produits où ils les recherchaient, en particulier dans le circuit court, qui ne représente au final que 2% des échantillons prélevés (N=18). Le marché et la petite distribution représentent quant à eux respectivement 57% (N=515) et 8% (N=75) des prélèvements de RESO Martinique. Compte tenu des difficultés à renseigner le circuit court, les résultats disponibles pour ce circuit ne peuvent donc être considérés comme représentatifs du niveau réel de contamination des aliments issus de l'auto production en Martinique et en Guadeloupe.

¹⁴ Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur la Qualité des Aliments et Procédés agroalimentaires, Laboratoire National de Référence pour la recherche de résidus de pesticides dans les denrées d'origine animale, AFSSA

¹⁵ Laboratoires d'analyse : DGCCRF de Massy, GIRPA d'Angers, laboratoires départementaux des Calvados, Corrèze, Côtes d'Armor, Côte-d'Or, Deux-Sèvres, Drôme, Finistère, Haute-Garonne, Haute-Vienne, Landes, Loire-Atlantique, Morbihan, Pyrénées-Orientales, Sarthe et Vendée

¹⁶ Direction de l'Evaluation des Risques Nutritionnels et Sanitaires, AFSSA

Les échantillons ont été prélevés selon les principes définis (nature de l'échantillon, taille minimale et nombre d'unités) dans la directive 2002/63/CE fixant les méthodes communautaires de prélèvement d'échantillons pour le contrôle officiel des résidus de pesticides sur et dans les produits d'origine végétale et animale et les méthodes recommandées pour l'échantillonnage aux fins de dosage des résidus de pesticides en vue du contrôle de conformité avec les LMR du Codex Alimentarius (Document CAC/GL 33-1999).

Ils ont ensuite été brossés afin d'éliminer toute trace de terre, mais n'ont pas été lavés. Les échantillons ont été analysés dans leur totalité, exceptées les parties ne pouvant être broyées, tels les noyaux, écorces, coquilles, os ou arêtes. Ainsi, les bananes ont été analysées avec leur peau, les poissons, avec leurs viscères ; par contre, les noix de coco ont été analysées sans leur écorce. Le dosage du chlordécone fait intervenir deux méthodes d'analyse (Bordet *et al.*, 2007) :

- ✓ méthode de dosage de résidus de chlordécone dans les produits d'origine animale, fondée sur une extraction par solvant organique en milieu acide, suivie d'un dosage par chromatographie gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons (GC/ECD) ou par spectrométrie de masse en tandem (GC/MS-MS),
- ✓ méthode de dosage de résidus de chlordécone dans les produits d'origine végétale, fondée sur une extraction par partage liquide puis purification en phase solide (SPE), suivies d'un dosage par GC/ECD ou GC/MS-MS.

Au total, 17 laboratoires différents, sélectionnés par l'intermédiaire de deux Essais Interlaboratoires d'Aptitude (EILA) organisés au démarrage de chaque étude, sont intervenus dans ces études. Les performances des laboratoires sont décrites dans le tableau 3. Une procédure de contrôle qualité a été mise en place afin de garantir la comparabilité des résultats issus des différents laboratoires.

Tableau 3 : performances des laboratoires d'analyse dans les enquêtes RESO

	RESO Guadeloupe	RESO Martinique
Denrées d'origine végétale		
Limite de détection	Entre 0,3 et 3 µg / kg pf	Entre 0,3 et 15 µg / kg pf
Limite de quantification	Entre 1 et 7,5 µg / kg pf	Entre 1 et 40 µg / kg pf
Denrées d'origine animale		
Limite de détection	Entre 0,3 et 2,5 µg / kg pf	Entre 0,3 et 5 µg / kg pf
Limite de quantification	Entre 1 et 6,3 µg / kg pf	Entre 1 et 11 µg / kg pf

Par la suite, on utilisera les notations « LOQ » en référence aux limites de quantification, et « LOD » en référence aux limites de détection.

L'ensemble des résultats sont exprimés en µg / kg pf (poids frais).

2.2.2 Estimation des niveaux de contamination des aliments

Plusieurs estimations du niveau moyen de contamination des aliments sont déterminées à partir des données de contamination disponibles :

- ✓ Niveau de contamination « bruit de fond » (noté aQ dans les formules) : moyenne de contamination de l'ensemble des échantillons compris entre deux bornes :
 - le niveau bas, calculé en faisant l'hypothèse que les échantillons non détectés ne sont pas contaminés, et les échantillons détectés mais non quantifiés sont au niveau de la LOD,

- le niveau haut, calculé en faisant l'hypothèse que les échantillons non détectés sont au niveau de la LOD, et les échantillons détectés mais non quantifiés sont au niveau de la LOQ.

Dans les situations où plus de 40% des résultats sont quantifiés, conformément aux lignes directrices internationales (GEMS/Food-Euro, 1995), les niveaux haut et bas sont identiques et calculés en faisant l'hypothèse que les échantillons non détectés sont au niveau de la moitié de la LOD, et les échantillons détectés mais non quantifiés sont au niveau de la moitié de l'intervalle entre la LOD et la LOQ.

- ✓ Niveau de contamination « élevée » (noté hQ dans les formules) : moyenne de contamination des seuls échantillons contaminés.

Dans les situations où aucun échantillon n'est quantifié alors que le nombre d'échantillons prélevés est suffisant pour observer avec 95% de certitude au moins une contamination, alors, la denrée est considérée comme n'étant jamais contaminée. Dans cette évaluation, l'unique denrée concernée est la cristophine.

Utilisées dans le calcul de l'exposition, ces valeurs moyennes permettent d'obtenir une estimation réaliste de l'exposition chronique des populations et pouvant être comparée avec la limite tolérable d'exposition chronique (FAO/WHO, 1997).

2.2.3 Hypothèses réalisées sur certains aliments

Les enquêtes RESO ne renseignent pas les niveaux de contamination de l'ensemble des composants du régime alimentaire. Trois types d'hypothèses, décrites dans le tableau 4, ont été réalisées avec l'appui des experts agronomes (INRA-CIRAD, communication orale, 2007) :

- ✓ absence de contamination, lorsque la denrée n'est pas produite localement,
- ✓ contamination possible, du fait de l'existence d'une production locale,
- ✓ rapprochement avec des variétés proches, ou avec la denrée brute composant principalement le produit.

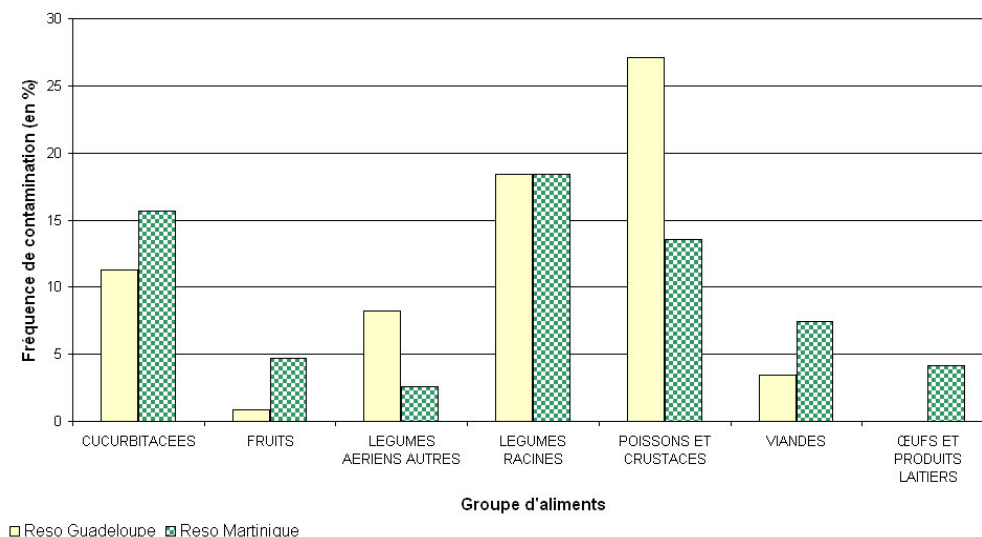
Tableau 4 : hypothèses sur le niveau de contamination des aliments (valeurs manquantes)

Hypothèse	Principe	Exemple
Absence de contamination	Attribution de 0 aux estimations « bruit de fond » et « élevée »	Betterave, boudin d'origine métropolitaine, conserve de poissons, beurre, fromage, crème, margarine, huile, glaçon d'origine industrielle, eau embouteillée importée de métropole, maïs, margarine, soja, surimi, poire, pomme, raisin, cerise et abricot d'origine métropolitaine.
Contamination possible	Attribution de 0 à l'estimation « bruit de fond » basse et de la LOD à l'estimation « bruit de fond » haute et à l'estimation « élevée »	Martinique et Guadeloupe : bière, eaux du puit et de pluie, eau embouteillée localement, eau de source locale, soda, crêpe et croque-monsieur, pizza, kamanioc, pomme de terre, frites, poissons panés, crevettes, saumon, langouste, abricot pays, Martinique uniquement : boisson, alcool, hamburger, pâté et autres feuilletés, dictame, crabe, mollusque, boudin à base de poisson, produits sucrés, jus de fruits frais, cerise, goyave, orange et autres agrumes, couscouche, gombos, Guadeloupe uniquement : lait entier, courgette, poireau, laitue, poissons et crustacés d'eau douce sauvages.
Rapprochement	Attribution des estimations déterminées sur des variétés proches, ou sur la denrée brute servant à la fabrication du produit	Banane : banane tinain, Veau, steak : viande de bœuf, Jambon, salaison : viande de porc, Lait cru, écrémé, demi-écrémé : lait entier, Glaçon du robinet : eau du robinet, Produits sucrés : sucre (en Guadeloupe uniquement).

2.2.4 Principaux résultats

La fréquence globale de contamination des aliments observée dans les enquêtes RESO est de 11,1% [9,6% ; 12,6%]. Parmi les denrées d'origine végétale, les légumes racines et les cucurbitacées sont les denrées les plus fréquemment contaminées : entre 11,3% et 15,7% des cucurbitacées, et 18,4% des légumes racines. Parmi les denrées d'origine animale, les produits de la mer et d'eau douce sont les plus fréquemment contaminés, avec une fréquence comprise entre 13,5% et 27,1%.

Figure 1 : fréquence de contamination des aliments en Martinique et Guadeloupe



Les dépassements de la Lmp de 50 µg / kg pf sont observés sur les légumes racines à une fréquence comprise entre 3,7% et 4,1%, ainsi que sur les produits de la mer et d'eau douce, à une fréquence de l'ordre de 5,9%. Les dépassements de la Lmp de 200 µg / kg pf sont observés à 4 reprises sur un total de 1638 échantillons, sur 2 échantillons de chou caraïbes en provenance de Guadeloupe et 2 échantillons de patate douce en provenance de Martinique.

Les enquêtes RESO révèlent des niveaux de contamination des principaux contributeurs¹⁷ moins variables et, en moyenne, plus faibles que jusqu'à présent estimés. En particulier, le melon, la tomate et le poulet apparaissent beaucoup moins contaminés que les données des plans de surveillance et de contrôle ne le laissaient envisager lors de la première évaluation de 2005. Ces différences sont vraisemblablement à relier à la représentativité de l'échantillonnage – aléatoire et non ciblé sur les situations à risque, à la meilleure sensibilité des méthodes d'analyse, ainsi qu'à l'efficacité des mesures de maîtrise des risques mises en place.

Les enquêtes RESO mettent également en évidence une contamination des aliments autres que les principaux contributeurs plus étendue qu'initialement observée, même si le niveau reste globalement faible. La recherche du chlordécone dans une grande variété d'aliments d'une part, et l'abaissement des limites de détection et quantification des méthodes d'analyse, d'autre part, expliquent cette observation.

En revanche, certaines denrées, en particulier les produits de la mer et d'eau douce, apparaissent particulièrement contaminées. Des études environnementales menées en Martinique (IFREMER, 2002) et Guadeloupe (Monti, 2005) ont déjà mis en évidence la contamination de ces produits et ont en conséquence conduit à l'adoption de différents arrêtés d'interdiction de la pêche sur certaines zones côtières en Martinique et dans certaines rivières en Guadeloupe. Les enquêtes RESO montrent néanmoins que des produits de la mer et d'eau douce fortement contaminés atteignent les circuits de distribution antillais.

¹⁷ Aliments susceptibles de représenter un risque chronique pour les populations : dachine, igname, patate douce, carotte, tomate, melon, concombre et poulet (AFSSA, 2005b).

3. Méthode d'évaluation de l'exposition alimentaire au chlordécone et de l'impact des mesures de gestion des risques en vigueur

3.1 MODULATION DU NIVEAU DE CONTAMINATION SELON LA ZONE ET LES CIRCUITS D'APPROVISIONNEMENT

3.1.1 Etude de l'influence et du circuit d'approvisionnement sur le niveau de contamination

L'influence de la zone et du circuit d'approvisionnement sur le niveau de contamination des aliments mesuré dans les enquêtes RESO est étudiée à travers une analyse de variance, réalisée à l'aide de la procédure GLM sur le logiciel SAS pour Windows version 8 (SAS, Cary, NC 27513). La variable à expliquer correspond à la transformation logarithmique du niveau de contamination des aliments. Dans un premier temps, l'ensemble des échantillons sont pris en compte, les échantillons non détectés étant estimés au niveau de la moitié de la LOD, et les échantillons détectés mais non quantifiés au niveau de la moitié de la LOQ. Dans un second temps, seuls les échantillons quantifiés sont pris en compte. Les variables explicatives testées sont :

- ✓ le type d'aliment : respectivement 48 et 59 types différents dans RESO Martinique et RESO Guadeloupe,
- ✓ la zone d'approvisionnement : contaminée, non contaminée,
- ✓ le circuit de distribution : grande distribution, petite distribution, marché et circuit court,
- ✓ l'interaction entre la zone et le circuit de distribution.

Deux modèles dont les résultats sont décrits dans le tableau 5 ressortent très significatifs ($p_c < 0,01$) : lorsque l'ensemble des échantillons sont pris en compte en Guadeloupe et lorsque uniquement les échantillons contaminés sont pris en compte en Martinique. Ils mettent ainsi en évidence un impact de la combinaison des variables explicatives choisies sur le niveau de contamination des aliments. Néanmoins, ces dernières n'expliquent, à elles seules, qu'une partie de la variabilité de contamination observée : entre 23 et 50% selon les modèles (R-square).

Tableau 5 : résultats des modèles significatifs

	Guadeloupe, tout échantillon	Martinique, seuls échantillons contaminés
Modèle global		
Pc	< 0,0001	0,009
R-square	23%	50%
Variables explicatives		
Type de denrée	< 0,0001	0,03
Zone d'approvisionnement	0,003	0,0026
Circuit de distribution	0,19	0,88
Interaction zone * circuit	0,0002	0,13

La zone d'approvisionnement a un impact significatif ($p_c < 0,05$) quel que soit le modèle. Par contre, le circuit de distribution ne semble pas avoir d'impact statistiquement significatif sur le niveau de contamination des aliments.

En Guadeloupe, l'interaction entre la zone et le circuit de distribution aurait un impact très significatif lorsque tous les échantillons sont pris en compte. En effet, les denrées en provenance du circuit court et du marché de la zone contaminée sont significativement plus contaminées que les denrées en provenance des mêmes circuits de la zone non contaminée. Cette tendance n'est par contre pas observée pour la petite et grande distribution. Il est effectivement très probable que pour ces deux circuits d'approvisionnement, les flux de produits dépassent les frontières de chaque zone. En Martinique, cette interaction ne ressort pas comme ayant un impact significatif. Si les denrées en provenance de la grande distribution apparaissent comme significativement plus contaminées en zone contaminée qu'en zone non contaminée, cette tendance n'est pas observée pour la petite distribution, le marché et le circuit court. Cependant, cette dernière analyse est très limitée, en particulier pour le circuit court, du fait de la faiblesse et du déséquilibre des effectifs (N = 18 échantillons pour le circuit court en Martinique, dont 1 seul en provenance de la zone non contaminée).

3.1.2 Modulation de l'exposition en fonction de la zone d'habitation

L'analyse précédente montre la pertinence de distinguer les zones contaminées et non contaminées dans l'évaluation de l'exposition. Dans la suite de l'analyse, il est fait l'hypothèse que les zones d'habitation et d'approvisionnement des individus sont identiques : un individu habitant en zone contaminée s'approvisionne systématiquement en zone contaminée, et un individu habitant en zone non contaminée ne s'approvisionne jamais en zone contaminée.

Ainsi, les estimations des niveaux de contamination « bruit de fond » et « élevée » sont calculées distinctement pour les échantillons en provenance de la zone contaminée, et ceux en provenance de la zone non contaminée.

Pour quelques denrées, il apparaît que leur niveau de contamination n'est renseigné dans les enquêtes RESO que pour l'une des deux zones de contamination. C'est en particulier le cas pour :

- ✓ en Martinique : les accras (bokit), chou aérien, haricot vert, poivron, viande de lapin, lait entier, poissons et crustacés d'eau douce sauvages et d'élevage, et poissons salés et fumés,
- ✓ en Guadeloupe : les couscouche et cristophine.

Dans ces situations, les niveaux de contamination des aliments dans la zone non renseignée sont estimés identiques à ceux mesurés dans la zone renseignée.

L'annexe 3 fournit le détail des estimations ainsi calculées et utilisées pour l'évaluation de l'exposition.

3.1.3 Modulation de l'exposition en fonction du circuit d'approvisionnement

Le type de circuit d'approvisionnement ne semble pas avoir d'impact sur le niveau de contamination des aliments, à l'incertitude près du circuit court, que les enquêtes RESO n'ont pas pu bien renseigner.

En conséquence, en zone contaminée, les aliments issus du circuit court sont affectés du niveau de contamination « élevée », ce qui revient à considérer que les aliments sont systématiquement contaminés. Cette hypothèse, très protectrice, est réalisée afin de ne pas sous-estimer l'exposition réelle de la population antillaise. Les aliments issus d'un approvisionnement en marché, petite et grande distribution sont affectés du niveau de contamination « bruit de fond », ce qui revient à considérer que les aliments peuvent être contaminés mais ne le sont pas systématiquement. En zone non contaminée, tous les aliments sont affectés d'une contamination « bruit de fond », quel que soit le type d'approvisionnement.

3.2 EVALUATION DE L'EXPOSITION ALIMENTAIRE DE LA POPULATION ANTILLAISE

3.2.1 Estimation de l'exposition chronique de la population antillaise

L'apport en chlordécone de chaque denrée est modulé selon les habitudes d'approvisionnement de chaque individu, estimées à partir des enquêtes ESCAL et CALBAS, selon une démarche similaire à celle définie dans l'évaluation AFSSA de 2005 validée depuis par les pairs et affinée selon les résultats de l'analyse précédente (AFSSA, 2005b, Dubuisson *et al.*, 2007). Pour les individus habitant en zone contaminée, les denrées issues du circuit court sont considérées être systématiquement contaminées, tandis que les denrées issues de la grande distribution, petite distribution et du marché sont considérées comme parfois contaminées, parfois non contaminées, selon la fréquence et le niveau de contamination mesurés à travers les enquêtes RESO. Pour les individus habitant en zone non contaminée, les denrées sont considérées, quelle que soit leur origine d'approvisionnement, comme contaminées, selon la fréquence et le niveau observés dans les enquêtes RESO.

Pour les individus vivant en zone contaminée :

$$A_{ij} = \frac{C_{ij} \times (hQ_i \times IS_{ij} + aQ_i \times mS_{ij})}{W_j}$$

Pour les individus vivant en zone non contaminée :

$$A_{ij} = \frac{C_{ij} \times aQ_i}{W_j}$$

avec:

A_{ij} l'apport en chlordécone de l'aliment i rapporté au poids corporel de l'individu j ($\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / j$),

C_{ij} la consommation journalière de l'aliment i par l'individu j (kg / j),

Q_i le niveau moyen de contamination de l'aliment i exprimé en $\mu\text{g}/\text{kg pf}$ (hQ_i pour l'estimation « élevée » et aQ_i pour l'estimation « bruit de fond »),

S_{ij} la fréquence d'approvisionnement de l'aliment i par l'individu j (IS_{ij} pour l'autoconsommation et mS_{ij} pour le circuit marchand),

W_j le poids corporel de l'individu j .

Les apports de l'ensemble des denrées du régime, sont ensuite additionnés et rapportés au poids corporel de l'individu afin de déterminer l'exposition alimentaire totale au niveau individuel.

Les résultats de l'ensemble des individus permettent de former une distribution de l'exposition au niveau de la population, à partir de laquelle il est possible d'extraire :

- ✓ l'exposition moyenne, son écart-type et le 95^{ème} percentile, exprimés en $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / j$,
- ✓ le pourcentage d'individus dépassant la limite tolérable d'exposition chronique répétée de 0,5 $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / j$ ainsi que l'intervalle de confiance 95% associé.

3.2.2 Identification des aliments principaux contributeurs à l'exposition chronique

Les apports moyens de chaque denrée, déterminés au niveau de la population générale et chez les individus les plus fortement exposés (dernier décile, compte tenu des effectifs disponibles) sont comparés à la limite tolérable d'exposition chronique, conformément aux lignes directrices internationales (CAC, 2005, FAO/WHO, 2000). Les denrées contribuant à plus de 10% voire 5% de la limite tolérable d'exposition chronique, sont considérées comme principaux vecteurs de chlordécone.

3.2.3 Estimation de l'exposition aiguë de la population et identification des denrées susceptibles de représenter un risque aiguë

Une limite tolérable d'exposition aiguë a également été fixée pour le chlordécone. Elle s'élève à 10 µg / kg p. c. / jour soit 20 fois la limite tolérable d'exposition chronique répétée. L'évaluation de l'exposition aiguë consiste à estimer l'apport maximal en chlordécone sur une journée, en considérant une forte consommation d'un aliment exceptionnellement très contaminé.

Conformément aux lignes directrices internationales, l'exposition consécutive à une contamination extrême est étudiée distinctement pour chaque aliment potentiellement contaminé. En effet, la présence d'un très fort niveau résiduel de chlordécone dans plusieurs types de denrées, elles-mêmes très consommées, au cours d'une même journée ne semble pas vraisemblable (FAO/WHO, 1997).

Ainsi, la denrée étudiée est considérée comme étant contaminée à un niveau maximal, quelque soit son origine et quelle que soit la quantité consommée au cours de la journée. Un facteur de variabilité intra-échantillon, fixé entre 1 et 7 selon les aliments, est également pris en compte, conformément aux lignes directrices internationales pour l'évaluation de l'exposition aiguë des populations aux résidus de pesticides (EFSA, 2005, 2007). Ce facteur intègre la variabilité de contamination au sein de l'échantillon dans lequel a été mesuré le niveau maximal. Les autres denrées consommées au cours de la journée sont considérées comme étant contaminées à un niveau moyen, selon les mêmes modulations que celles réalisées pour l'évaluation de l'exposition chronique.

Pour les individus vivant en zone contaminée :

$$A_j = \frac{C_{kj} \times v_k \times \text{Conta}_k}{W_j} + \frac{\sum_{i \neq k} [(C_{ij} \times hQ_i \times lS_{ij}) + (C_{ij} \times aQ_i \times mS_{ij})]}{W_j}$$

Pour les individus vivant en zone non contaminée :

$$A_j = \frac{C_{kj} \times v_k \times \text{Conta}_k}{W_j} + \frac{\sum_{i \neq k} (C_{ij} \times aQ_i)}{W_j}$$

avec:

A_j l'apport total en chlordécone rapporté au poids corporel de l'individu j (µg / kg p. c./j),

C_{ij} la consommation journalière de l'aliment i par l'individu j (kg / j),

v_k le facteur de variabilité intra – échantillon pour l'aliment k ,

Conta_k le niveau de contamination de l'aliment k ,

Q_i le niveau moyen de contamination de l'aliment i exprimé en µg/kg pf (hQ_i pour l'estimation « élevée » et aQ_i pour l'estimation « bruit de fond »),

S_{ij} la fréquence d'approvisionnement de l'aliment i par l'individu j (lS_{ij} pour l'autoconsommation et mS_{ij} pour le circuit marchand),

T_i la taille de portion médiane de l'aliment i (en g),

W_j le poids corporel de l'individu j .

Ce modèle est considéré comme plus protecteur que les modèles définis dans les lignes directrices internationales pour l'estimation de l'exposition aiguë des populations aux résidus de pesticides (WHO, 1997). En effet, il intègre d'une part le « bruit de fond » de contamination apporté par les autres aliments du régime, habituellement non pris en compte. D'autre part, il considère l'ensemble de la denrée consommée un jour donné comme fortement contaminée, alors que généralement, seule la première portion consommée est considérée comme très fortement contaminée.

Les niveaux maximums de contamination des aliments au chlordécone observés dans le cadre des enquêtes RESO sont simulés. Il est également tenu compte des niveaux maximums observés dans le

cadre des plans de surveillance et de contrôle des administrations et des études environnementales ou expérimentales. Ces derniers donnent une indication du niveau de contamination maximale possible des denrées, mais ne représentent pas toujours des niveaux auxquels la population est effectivement exposée. Les niveaux de contamination ainsi que les facteurs de variabilité utilisés pour l'évaluation de l'exposition aiguë sont synthétisés en annexe 5.

Comme pour le calcul de l'exposition chronique, les résultats de l'ensemble des individus permettent de former une distribution de l'exposition au niveau de la population, à partir de laquelle il est possible d'extraire le pourcentage d'individus dépassant la limite tolérable d'exposition aiguë $10 \mu\text{g} / \text{kg p. c.} / \text{j}$ ainsi que l'intervalle de confiance 95% associé. Lorsque ce dernier est significativement différent de 0, alors la denrée étudiée est considérée comme susceptible de représenter un risque aiguë pour le consommateur. Dans ces cas, le niveau d'exposition des forts consommateurs (97,5^{ème} percentile) est précisé.

3.3 ESTIMATION DE L'IMPACT TOTAL DES LMP EN VIGUEUR SUR LE NIVEAU D'EXPOSITION DES POPULATIONS

3.3.1 Impact total des LMp en vigueur

Ce scénario vise à évaluer le niveau de l'exposition de la population antillaise en supposant une efficacité totale des LMp actuellement en vigueur et de la limite de qualité des eaux de consommation, c'est à dire une situation où l'ensemble des aliments disponibles sur les circuits de distribution antillais – circuits marchands et production de subsistance – serait conforme aux normes.

✓ Exposition chronique

De nouvelles estimations des niveaux de contamination « bruit de fond » et « élevée » sont calculées en ne tenant compte que des échantillons contaminés en deçà des LMp et de la limite de qualité des eaux. Ces estimations, détaillées en annexe 4, sont appliquées à l'ensemble des aliments consommés, quelle que soit leur origine d'approvisionnement (autoconsommation ou circuit marchand).

✓ Exposition aiguë

L'exposition aiguë est évaluée pour les aliments susceptibles de représenter un risque aigu en considérant une contamination maximale au niveau de la LMp en vigueur.

3.3.2 Impact total des LMp en vigueur élargie aux nouveaux aliments « principaux contributeurs »

L'évaluation de l'exposition réelle de la population antillaise permet d'affiner la liste des aliments « principaux contributeurs » à l'apport total en chlordécone. Ce deuxième scénario simule l'impact total de l'actuelle LMp de $50 \mu\text{g} / \text{kg PF}$ appliquée à l'ensemble des aliments principaux contributeurs.

De même que dans le premier scénario, de nouvelles estimations des niveaux de contamination « bruit de fond » et « élevée » sont calculées en ne tenant compte que des échantillons contaminés en deçà de $50 \mu\text{g} / \text{kg PF}$ pour l'ensemble des aliments principaux contributeurs. Ces estimations, détaillées en annexe 4, sont appliquées à l'ensemble des aliments consommés, quelle que soit leur origine d'approvisionnement (autoconsommation ou circuit marchand).

3.4 ESTIMATION DE L'IMPACT DES RECOMMANDATIONS DE CONSOMMATION

3.4.1 Prise en compte des habitudes d'autoconsommation

Les LMp permettent seulement la maîtrise du risque associé aux denrées entrant dans le circuit marchand. Or les études CALBAS et ESCAL révèlent que l'autoconsommation est très fréquente dans les Antilles françaises : respectivement 98,3% et 97,2% des foyers interrogés dans CALBAS et ESCAL déclarent consommer au moins un type de denrée en provenance du circuit court. Ce troisième scénario simule donc l'impact d'une LM à 50 µg / kg PF fixée sur l'ensemble des principaux contributeurs, mais uniquement lorsque ces derniers proviennent des circuits marchands.

En zone contaminée, les estimations des niveaux de contamination « bruit de fond » et « élevée » calculées en ne tenant compte que des échantillons contaminés en deçà des LMp et de la limite de qualité des eaux, s'appliquent pour les aliments en provenance de la grande distribution, de la petite distribution et du marché. Les estimations du niveau de contamination « élevée », calculées en tenant compte de l'ensemble des échantillons, s'appliquent pour les aliments autoconsommés.

3.4.2 Estimation de l'exposition des populations respectant les préconisations de consommation

Sur la base de la première évaluation de l'exposition de la population martiniquaise, l'AFSSA a préconisé pour les familles exploitant un jardin sur un sol contaminé de limiter la consommation de dachine, igname et patate douce provenant du jardin à deux fois par semaine environ. Cette étude vise à évaluer l'impact de cette recommandation sur le niveau d'exposition des populations, et le cas échéant, à formuler des préconisations affinées.

Cette étude ne tient compte que des populations des zones contaminées, exposées au niveau calculé précédemment, c'est-à-dire en considérant un impact total des LMp sur l'ensemble des principaux contributeurs, mais uniquement lorsque les denrées proviennent d'un circuit marchand.

Les individus sont ensuite repartis en deux groupes :

- ✓ ceux qui ne consomment pas plus de deux fois par semaine des dachines, ignames et patates douces en provenance de leur jardin,
- ✓ ceux qui consomment au moins deux fois par semaine des dachines, ignames et patates douces en provenance de leur jardin.

Les niveaux d'exposition de l'ensemble des individus de chaque groupe permettent de former des distributions d'exposition, à partir desquelles il est possible d'extraire :

- ✓ l'exposition moyenne, son écart-type et le 95^{ème} percentile, exprimés en µg / kg p. c. / j,
- ✓ le pourcentage d'individus dépassant la limite tolérable d'exposition chronique répétée de 0,5 µg / kg p. c. / j ainsi que l'intervalle de confiance 95% associé.

Les valeurs obtenues pour la population respectant les préconisations de consommation, et pour celle ne respectant pas les préconisations sont ensuite comparées.

L'impact d'autres préconisations de consommation peut également être évalué de cette manière.

4. Résultats

4.1 EXPOSITION ALIMENTAIRE REELLE DE LA POPULATION ANTILLAISE

4.1.1 Exposition chronique de la population antillaise

Ce premier calcul estime l'état réel et actuel de l'exposition de la population antillaise à partir des niveaux de contamination mesurés dans les enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe.

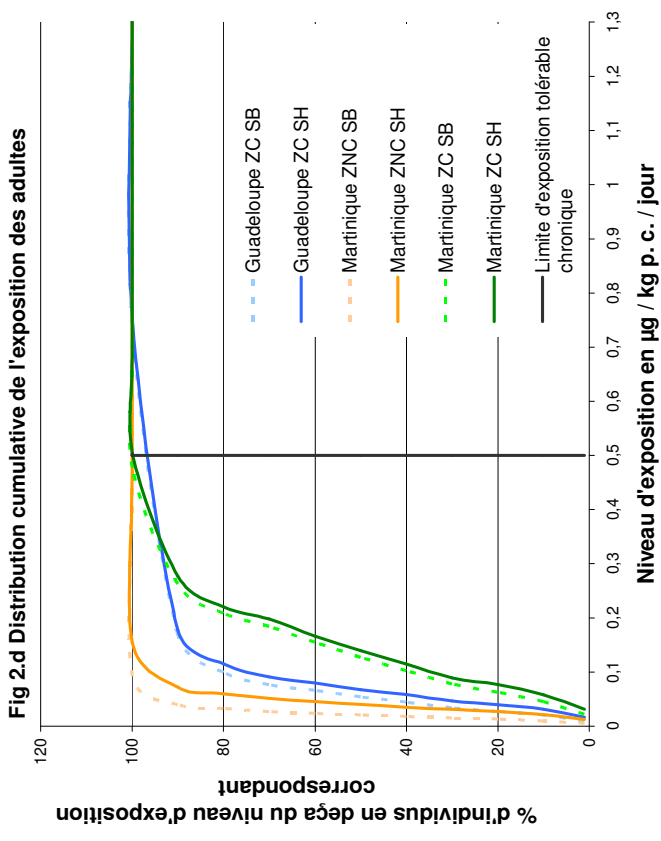
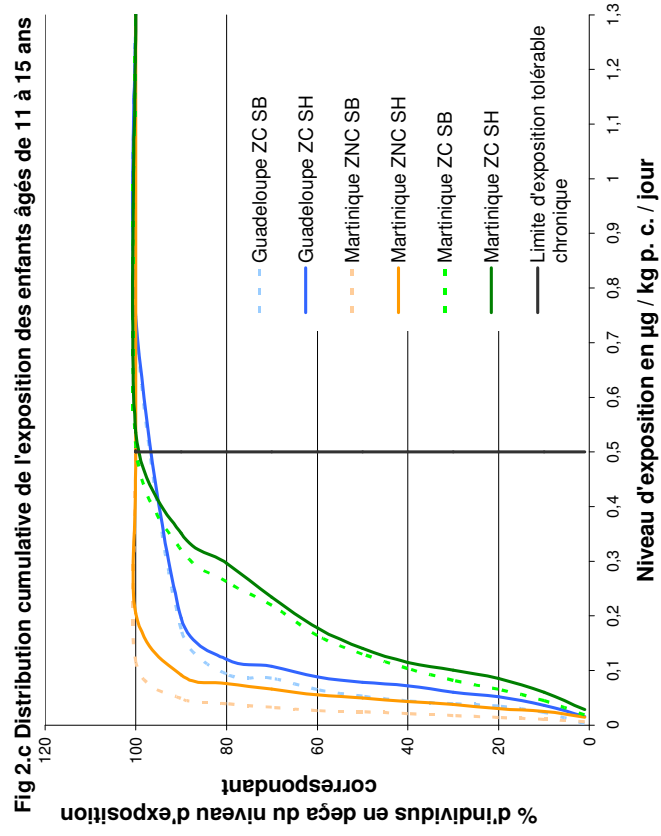
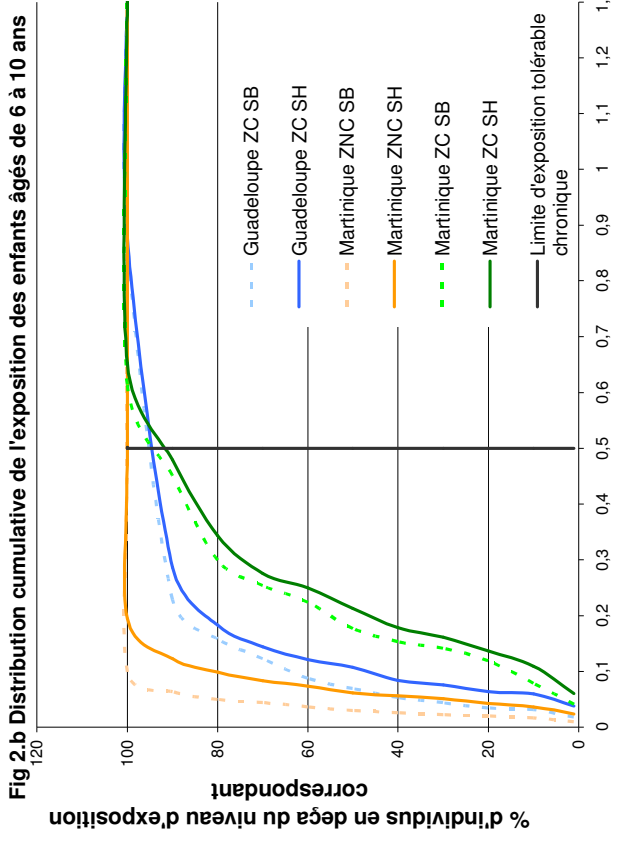
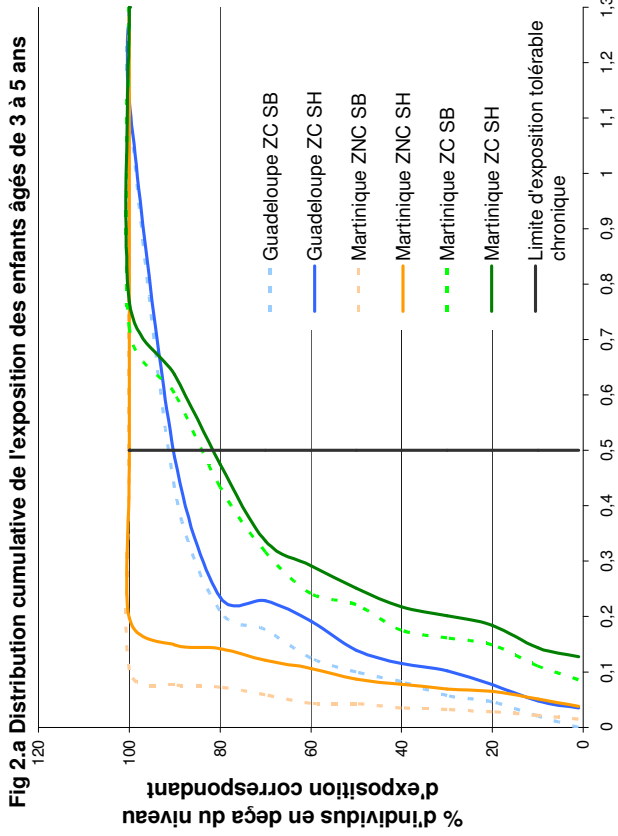
Tableau 6 : estimation de l'exposition et du pourcentage de personnes dépassant la VTR dans les populations adultes et enfants de Martinique

	N	Estimation basse			Estimation haute		
		Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans							
Guadeloupe, ZC	26	0,17 +/- 0,23	0,48	3,8% [0,1 ; 19,6]	0,21 +/- 0,23	0,53	7,7% [1 ; 25,1]
Martinique, ZC	27	0,28 +/- 0,18	0,66	14,8% [4,2 ; 33,7]	0,32 +/- 0,18	0,73	18,5% [6,3 ; 38,1]
Martinique, ZNC	39	0,05 +/- 0,02	0,08	0% [0 ; 9]	0,10 +/- 0,04	0,17	0% [0 ; 9]
Enfants de 6 à 10 ans							
Guadeloupe, ZC	54	0,12 +/- 0,15	0,32	3,7% [0,5 ; 12,8]	0,15 +/- 0,15	0,35	3,7% [0,5 ; 12,8]
Martinique, ZC	58	0,22 +/- 0,14	0,51	5,2% [1,1 ; 14,4]	0,25 +/- 0,14	0,54	8,6% [2,9 ; 19]
Martinique, ZNC	90	0,04 +/- 0,02	0,08	0% [0 ; 4]	0,07 +/- 0,04	0,15	0% [0 ; 4]
Enfants de 11 à 15 ans							
Guadeloupe, ZC	56	0,09 +/- 0,12	0,25	3,6% [0,4 ; 12,3]	0,11 +/- 0,12	0,27	3,6% [0,4 ; 12,3]
Martinique, ZC	79	0,17 +/- 0,11	0,39	1,3% [0 ; 6,9]	0,18 +/- 0,12	0,41	1,3% [0 ; 6,9]
Martinique, ZNC	112	0,03 +/- 0,02	0,06	0%	0,06 +/- 0,03	0,13	0%
Adultes de plus de 16 ans							
Guadeloupe, ZC	401	0,09 +/- 0,12	0,23	0,2% [0,2 ; 0,3]	0,09 +/- 0,08	0,25	0,2% [0,2 ; 0,3]
Martinique, ZC	476	0,17 +/- 0,11	0,30	0%	0,15 +/- 0,09	0,32	0,2% [0,2 ; 0,2]
Martinique, ZNC	619	0,03 +/- 0,02	0,04	0%	0,04 +/- 0,02	0,08	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende : ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, N : nombre d'individus dans la population, Moy ± ET : moyenne et écart-type associé, P95 : 95^{ème} percentile de l'exposition. Grille de lecture : estimation basse : niveau d'exposition estimé en considérant, pour les aliments autres que ceux issus du circuit court en zone contaminée, un niveau « bas » de contamination des aliments selon la méthode détaillée page 14. Estimation haute : niveau d'exposition estimé en considérant, pour les aliments autres que ceux issus du circuit court en zone contaminée, un niveau « haut » de contamination des aliments selon la méthode détaillée page 15. P95 : niveau d'exposition atteint ou dépassé par les 5% de la population ayant les expositions les plus élevées. % de personnes dépassant la limite : pourcentage de personnes dépassant la limite tolérable d'exposition chronique. Les intervalles de confiance sont donnés après le pourcentage. Exemple : 3,6% [0,4 ; 12,3] signifie que 3,6% des individus dépassent la limite tolérable, et que l'intervalle de confiance est compris entre 0,4% et 12,3%. Lorsque ce pourcentage est statistiquement différent de 0, la case correspondante est grisée.

Figure 2 : distribution de l'exposition des différents groupes d'âge de la population antillaise



Notations :
 ZC : zone contaminée
 ZNC : zone non contaminée
 SB : estimation basse
 SH : estimation haute

Ce calcul d'exposition montre qu'une part de la population antillaise serait exposée au-delà de la limite tolérable d'exposition chronique de 0,5 µg/kg p.c./j. Les niveaux d'exposition obtenus sont néanmoins en toute vraisemblance surestimés, puisqu'en situation d'incertitude, chaque hypothèse réalisée dans le modèle va dans le sens d'une surestimation. En particulier, il est considéré qu'en zone contaminée, tous les produits en provenance des jardins familiaux sont systématiquement contaminés.

La situation est assez variable selon les âges et les zones d'habitation :

- ✓ L'exposition au chlordécone serait plus importante chez les enfants que chez les adultes. De même, parmi les enfants, les plus jeunes (3 à 5 ans) auraient des niveaux d'exposition plus élevés, que les groupes des 6 – 10 ans et 11 – 15 ans. En conséquence, les enfants sont plus fréquemment exposés au-delà de la limite tolérable que les adultes. La fréquence maximale observée chez les adultes s'élève à 0,2% [0,2 ; 0,3] pour la population guadeloupéenne en zone contaminée, tandis qu'elle atteint 18,5% [6,3 ; 38,1] pour les 3 à 5 ans en zone contaminée de Martinique.
- ✓ Seules les populations situées en zone contaminée de Martinique et de Guadeloupe selon les hypothèses de départ, sont susceptibles d'avoir une exposition chronique dépassant la limite tolérable d'exposition chronique.
- ✓ Quel que soit le groupe d'âge considéré, les niveaux d'exposition de la population guadeloupéenne en zone contaminée sont inférieurs à ceux de la population martiniquaise en zone contaminée, mais supérieurs à ceux de la population martiniquaise en zone non contaminée.

Ces scénarii révèlent des situations contrastées, entre lesquelles se situe le niveau réel d'exposition de la population antillaise. Il est en effet considéré que les individus en zone contaminée ne s'approvisionneraient qu'en zone contaminée, et les individus en zone non contaminée ne s'approvisionneraient jamais en zone contaminée. Il est vraisemblable qu'en réalité, les consommateurs vivant en zone non contaminée s'approvisionnent en zone contaminée et puissent avoir des niveaux d'exposition équivalents à ceux des habitants de la zone contaminée et *vice versa*. L'intérêt de la distinction faite ici est de démontrer que les populations qui ne privilégient pas particulièrement les aliments issus des zones contaminées, ne sont pas à risque de dépassement de la limite tolérable d'exposition chronique.

Tableau 7 : comparaison avec les niveaux d'exposition de la population martiniquaise estimés en 2005

	Première estimation (AFSSA, 2005a)				Nouvelle estimation (AFSSA, 2007)			
	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	Max	% de personnes dépassant la limite	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	Max	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans								
ZC	0,49 +/- 0,16	1,56	1,74	29,6% [12,4 ; 46,8]	0,32 +/- 0,18	0,73	1,13	18,5% [6,3 ; 38,1]
ZNC	0,11 +/- 0,02	0,23	-	0% [0 ; 9]	0,10 +/- 0,04	0,17	0,20	0% [0 ; 9]
Adultes de plus de 16 ans								
ZC	0,27 +/- 0,02	0,76	1,29	15,6% [10 ; 21,2]	0,15 +/- 0,09	0,32	0,50	0,2% [0,2 ; 0,2]
ZNC	0,05 +/- 0,00	0,10	-	0%	0,04 +/- 0,02	0,08	0,09	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, RESO – Traitement AFSSA

En comparaison avec les résultats de la première évaluation de l'exposition de la population martiniquaise, il ressort que les niveaux d'exposition sont plus faibles, en particulier pour les populations des zones contaminées. Le niveau d'exposition des populations les plus exposées (95^{ème} percentile) se trouve réduit d'un facteur 2 environ tant pour les adultes que pour les enfants de 3 à 5 ans. De plus, tandis que les niveaux maximum d'exposition atteignaient respectivement 2,5 et 3,5 fois la limite tolérable d'exposition chronique chez les adultes et enfants de 3 à 5 ans de la zone contaminée martiniquaise en 2005, ils sont aujourd'hui estimés à respectivement 1,5 et 2,2 fois la limite tolérable dans la même population. Ces différences sont liées à des niveaux de contamination

moyens des aliments moins variables et moins élevés qu'estimés à travers les résultats des plans de surveillance et de contrôle en 2005. La principale raison avancée est que les enquêtes RESO, non ciblées, fournissent des résultats plus représentatifs des niveaux moyens de contamination des aliments auxquels sont effectivement exposées les populations antillaises. De plus, les enquêtes RESO renseignent les niveaux de contamination des produits disponibles dans les circuits de distribution antillais, en aval de différentes mesures de maîtrise des risques actuellement mises en œuvre (analyse préventive des sols, limites maximales de contamination des aliments). Elles intègrent donc l'impact de ces différentes mesures, sans pour autant le quantifier.

Cette première estimation de l'exposition de la population antillaise montre donc l'intérêt des mesures de maîtrise des risques actuellement mises en œuvre.

4.1.2 Identification des aliments principaux contributeurs à l'exposition

Conformément à la procédure établie par l'OMS/FAO, il est possible d'identifier les aliments contribuant à plus de 5% et 10% de la limite tolérable d'exposition, pour la population générale et la population la plus fortement exposée (tableau 8).

Une seule denrée contribue à plus de 10% de la limite tolérable d'exposition pour la population générale. Il s'agit des poissons pélagiques pour la population martiniquaise, dont les apports représentent jusqu'à 20,4% de la limite tolérable chez les enfants de 3 à 10 ans, alors qu'ils n'étaient jusqu'à présent pas identifiés comme principaux contributeurs. Cette différence est expliquée par les niveaux de contamination des poissons pélagiques, dont la moyenne « basse » était estimée à 0,69 µg / kg pf en 2005 (AFSSA, 2005b), alors qu'elle atteint 55,5 µg / kg pf en zone contaminée de Martinique, avec 2 échantillons contaminés sur les 3 utilisés pour le calcul.

Les denrées contribuant entre 5% et 10% de la limite tolérable d'exposition pour la population générale sont :

- ✓ le chou caraïbe pour la population guadeloupéenne, dont les apports représentent jusqu'à 5,7% de la limite tolérable pour les enfants de 3 à 5 ans. Les forts niveaux de contamination observés en Guadeloupe, dépassant la limite maximale provisoire de 200 µg / kg pf, expliquent cette observation. De tels niveaux de contamination n'ont jamais été mesurés en Martinique (AFSSA, 2007, 2005a),
- ✓ le concombre, seul aliment précédemment identifié comme principal vecteur de chlordécone, dont les apports représentent jusqu'à 7,6% de la limite tolérable chez les enfants de 3 à 5 ans en Guadeloupe,
- ✓ la banane tinain et la banane fruit, dont les apports représentent respectivement jusqu'à 7,6% et 6,5% de la limite tolérable chez les jeunes enfants de 3 à 5 ans en Martinique. Parmi les 24 échantillons prélevés dans l'enquête RESO Martinique, 2 échantillons ont été retrouvés positifs, bien qu'à des niveaux relativement faibles, ne dépassant pas 15 µg / kg pf (AFSSA, 2007). Une consommation importante de ces aliments chez les jeunes enfants est à l'origine de ce résultat,
- ✓ les poissons de nasses et de filets, dont les apports représentent jusqu'à 5,5% de la limite tolérable chez les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe. Comme pour les poissons pélagiques en Martinique, de relativement forts niveaux de contamination atteignant jusqu'à 71,0 µg / kg pf, sont observés dans l'enquête RESO Guadeloupe (AFSSA, 2007).

Les apports de ces mêmes aliments contribuent entre 5,1 et 61,5% de la limite tolérable d'exposition chronique pour les populations les plus exposées. Les légumes racines, identifiés en 2005 comme principaux contributeurs, ressortent également :

- ✓ le dachine, dont les apports représentent jusqu'à respectivement 13,5% et 23,5% de la limite tolérable pour les enfants de 3 à 5 ans des zones contaminées de Martinique et de Guadeloupe,
- ✓ la patate douce, dont les apports représentent jusqu'à 16,1% de la limite tolérable pour les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe, et jusqu'à 5,8% de la limite

tolérable pour les adultes en zone contaminée de Martinique,

- ✓ la carotte, dont les apports représentent jusqu'à 8,6% de la limite tolérable pour les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Martinique,
- ✓ l'igname, dont les apports représentent jusqu'à 5,4% de la limite tolérable pour les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe.

Tableau 8 : identification des principaux aliments vecteurs de chlordécone

Type d'aliments	Population générale	Population fortement exposée (> 90 ^{ème} percentile)
Poissons pélagiques	* 20,4% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart * 20,4% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart * 14,0% enfants de 11 à 15 ans en ZC Mart * 10,8% adultes en ZC Mart	* 61,5% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart * 54,6% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart * 36,8% enfants de 11 à 15 ans en ZC Mart * 22,2% adultes en ZC Mart
Chou caraïbe	* 5,7% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	* 33,6% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad * 27,3% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad * 6,0% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad
Concombre	* 6,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	* 32,9% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad * 7,0% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad * 6,0% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad
Banane Tinain	* 7,6% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	* 23,9% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart * 14% enfants de 11 à 15 ans ZC Mart * 9,5% adultes ZC Mart * 9,4% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart
Dachine	-	* 23,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad * 14,8% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad * 14,0% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad * 13,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart * 8,0% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad * 7,4% adultes ZC Mart * 7,2% adultes ZC Guad * 6,2% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart
Patate douce	-	* 16,1% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad * 14,5% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad * 5,8% adultes ZC Mart
Poissons de nasses et de filets	* 5,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad * 5,2% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	* 12,0% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad * 10,5% enfants de 11 à 15 ans ZC Guad * 7,5% adultes ZC Guad * 6,8% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart * 6,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart
Carotte	-	* 8,6% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart
Corossol	-	* 8,5% enfants de 6 à 10 ans ZC Guad * 6,7% enfants de 6 à 10 ans ZNC Mart * 5,5% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad
Banane fruit	* 6,3% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	* 7,4% enfants de 3 à 5 ans ZC Mart * 5,1% enfants de 6 à 10 ans ZC Mart
Igname	-	* 5,4% enfants de 3 à 5 ans ZC Guad

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende : ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, Guad : Guadeloupe, Mart : Martinique. Les denrées dont les apports dépassent 10% de la limite tolérable d'exposition pour certaines populations figurent en gras. Les pourcentages fournis correspondent aux estimations hautes.

Un dernier type d'aliments, non précédemment identifié comme principal contributeur en raison de l'absence de données, ressort avec des apports représentant jusqu'à 8,5% de la limite tolérable d'exposition chronique chez les enfants de 6 à 10 ans en zone contaminée de Guadeloupe, et 6,7% pour les enfants de 6 à 10 ans en zone non contaminée de Martinique : les pommes d'eau, pommes cannelle, quenettes, surettes et corossols. Les enquêtes RESO révèlent une contamination possible de ces fruits, en Martinique comme en Guadeloupe, atteignant jusqu'à 44,0 µg / kg pf (AFSSA, 2007).

La première évaluation de l'exposition de la population martiniquaise a identifié la tomate, les melons ainsi que la viande de poulet comme principaux contributeurs de l'exposition, principalement au regard de leur place importante dans le régime antillais plutôt qu'en raison de leur contamination. Ces aliments ne ressortent plus comme vecteurs de chlordécone, en raison de niveaux mesurés dans les enquêtes RESO encore plus faibles qu'initialement estimés dans la première évaluation et ne dépassant jamais le seuil de 50 µg / kg pf.

En particulier, aucune contamination n'a été mesurée sur les 39 échantillons de poulet prélevés dans les enquêtes RESO (AFSSA, 2007), alors que des niveaux atteignant jusqu'à 76,0 µg / kg de matière grasse ont été mesurés dans les plans de surveillance et de contrôle (AFSSA, 2005b).

De même, l'unique contamination mesurée parmi les 56 échantillons de tomate prélevés s'élève à 10,2 µg / kg pf (AFSSA, 2007) tandis que l'unique échantillon contaminé parmi les 25 alors disponibles en 2005 atteignait 30 µg / kg pf (AFSSA, 2005b).

Enfin, l'estimation du niveau moyen des fruits de type « melons » ne dépasse pas 2 µg / kg pf (AFSSA, 2007) alors qu'il était estimé à 3 µg / kg pf en 2005 (AFSSA, 2005b).

Les estimations réalisées à partir des résultats des enquêtes RESO sont considérées comme plus représentatives des niveaux réels de contamination des aliments, compte tenu de l'échantillonnage aléatoire. Elles sont également plus robustes, en raison d'effectifs prélevés plus importants, qu'initialement disponibles. Un effet des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre (limites maximales de contamination des aliments) pourrait également expliquer en partie ces niveaux plus faibles.

4.1.3 Exposition aiguë de la population antillaise

556 simulations « denrée x groupe d'âge x île x zone de contamination » ont été réalisées, parmi lesquelles 35 (soit 6,3%) aboutissent à au moins un individu exposé au delà de la limite tolérable d'exposition aiguë, ainsi que détaillées dans le tableau 9.

Seuls 4 types de denrées sont susceptibles de représenter un risque aiguë suite à une exposition accidentelle du consommateur, parmi lesquels :

- ✓ trois légumes racines déjà identifiés comme principaux contributeurs de l'exposition chronique : le chou caraïbe, le dachine et la patate douce,
- ✓ les produits d'eau douce (sauvage ou d'élevage), non identifiés comme principaux contributeurs à l'exposition chronique, compte tenu d'une consommation moyenne relativement faible.

Les maximum de contamination utilisés dans cette évaluation correspondent :

- ✓ pour le chou caraïbe : au maximum mesuré dans le cadre de l'enquête RESO Guadeloupe sur un échantillon de choux caraïbes prélevés sur un marché,
- ✓ pour les produits d'eau douce sauvage : à des maximum mesurés dans le cadre d'une étude sur le niveau de contamination des organismes aquatiques d'eau douce par les pesticides, réalisée sur les rivières de la région de Basse-Terre en Guadeloupe (Monti, 2005). Cette étude ne reflète donc pas les niveaux réels de produits consommés par la population guadeloupéenne. Elle a, par ailleurs, abouti à l'adoption d'un arrêté d'interdiction de la pêche dans les rivières de la région de Basse-Terre. Le résultat d'exposition obtenu confirme l'importance de cette mesure,

Tableau 9 : identification des aliments susceptibles de poser un risque aigu

Type d'aliments	Population générale	% de consommateurs	% de personnes à risque parmi les consommateurs	P97,5
Chou caraïbe (Max = 762 µg / kg pf)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	53,8	7,1	19,1
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	37,0	10,0	19,0
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	50,0	7,4	11,4
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	48,3	3,6	6,0
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	30,4	8,8	12,8
	Adultes ZC Guad	55,4	0,9	5,7
	Adultes ZNC Mart	47,5	0,7	2,8
Poissons et crustacés d'eau douce sauvage (Max = 7 000 µg / kg pf)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	34,6	11,1	13,3
	Adultes ZC Guad	65,3	1,5	5,8
Poissons et crustacés d'eau douce d'élevage (Max = 2 300 µg / kg pf)	Adultes ZC Guad	31,2	0,8	0,7
Dachine (Max = 1 600 µg / kg pf)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	57,7	26,7	68,4
	Enfants de 3 à 5 ans ZNC Mart	79,5	38,7	50,0
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	85,2	34,8	47,5
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	72,2	7,7	42,3
	Enfants de 6 à 10 ans ZNC Mart	73,3	12,1	28,9
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	89,7	17,3	30,4
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Guad	83,9	6,4	28,1
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	77,7	16,1	27,3
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Mart	92,4	26,0	33,6
	Adultes ZC Guad	81,5	13,1	19,9
	Adultes ZNC Mart	85,1	17,3	19,6
Patate douce (Max = 1 870 µg / kg pf)	Adultes ZC Mart	91,2	29,7	22,5
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	84,6	13,6	60,1
	Enfants de 3 à 5 ans ZNC Mart	59,0	4,3	25,8
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	85,2	4,3	23,3
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	61,1	9,1	31,4
	Enfants de 6 à 10 ans ZNC Mart	64,4	3,4	6,4
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	63,8	2,7	9,7
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Guad	67,9	7,9	22,3
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	61,6	5,8	13,4
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Mart	74,7	3,4	14,3
	Adultes ZC Guad	71,1	8,8	14,7
	Adultes ZNC Mart	69,6	1,9	9,3
	Adultes ZC Mart	72,9	4,9	11,1

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende : ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, Guad : Guadeloupe, Mart : Martinique. Les résultats fournis correspondent aux estimations hautes. Grille de lecture : % de consommateurs : pourcentage de personnes dans la population consommant la denrée, % de personnes à risque parmi les consommateurs : pourcentage de personnes parmi les consommateurs ayant une exposition aiguë dépassant la limite tolérable d'exposition aiguë, P97,5 : niveau d'exposition en µg / kg p. c./ jour atteint ou dépassé par les 2,5% de la population ayant les expositions les plus élevées.

- ✓ pour la patate douce, le dachine, les produits d'eau douce d'élevage : à des maximum mesurés dans le cadre des plans de surveillance et de contrôle menés en Martinique. Les produits incriminés n'ont en conséquence pas été mis sur le marché. Par ailleurs, de tels niveaux ne sont pas observés à travers les enquêtes RESO sur les produits disponibles sur les circuits de distribution antillais. En conséquence, si de tels niveaux de contamination semblent possibles, leur occurrence dans des produits disponibles pour la consommation humaine, difficilement quantifiable, est de l'ordre de l'exceptionnel. Il faut cependant souligner que parmi les maximums de contamination observés dans les enquêtes RESO, une contamination de 350,5 µg / kg pf des patates douces aboutit également à des apports au delà de la limite tolérable d'exposition aiguë pour les enfants de 3 à 5 ans et de 11 à 15 ans de la zone contaminée de Guadeloupe.

4.2 IMPACT TOTAL DES LMP EN VIGUEUR SUR LE NIVEAU D'EXPOSITION DES POPULATIONS

4.2.1 Exposition chronique de la population antillaise

Un premier scénario simule l'impact total des LMP actuellement en vigueur, soit :

- ✓ une limite à 50 µg / kg pf pour les 8 principaux contributeurs identifiés en 2005 : la tomate, le concombre, le melon, le dachine, la patate douce, l'igname, la carotte et le poulet,
- ✓ une limite à 0,1 µg / L pour l'eau,
- ✓ une limite à 200 µg / kg pf pour les autres denrées.

Ce scénario donne une indication des niveaux d'exposition de la population antillaise dans une situation où les LMP actuellement en vigueur auraient une efficacité totale, c'est-à-dire qu'aucun produit non-conforme n'atteindrait le circuit de distribution antillais, à la fois dans les circuits marchands et le circuit court.

L'annexe 4 détaille les niveaux de contamination estimés pour ces simulations. Parmi les 8 principaux contributeurs de 2005, seuls 4 ont un niveau abaissé :

- ✓ la carotte, dont la fréquence de non-conformité est estimée à 4,7% (N= 2/42 dans RESO),
- ✓ la patate douce, dont la fréquence de non-conformité est estimée à 6,2% (N= 9/145 dans RESO),
- ✓ l'igname, dont la fréquence de non-conformité est estimée à 1,5% (N= 1/66 dans RESO),
- ✓ le dachine, dont la fréquence de non-conformité est estimée à 2,6% (N= 4/156 dans RESO).

Les estimations des niveaux de contamination des poulets, tomates, melons et concombres ne sont pas modifiées, en raison de l'absence de dépassement de cette limite. Les maximums de contamination observés pour ces denrées s'élèvent en effet à :

- ✓ le poulet : absence de contamination (N= 39 dans RESO),
- ✓ la tomate : 10,2 µg / kg pf (N = 56 dans RESO),
- ✓ le melon : 10,1 µg / kg pf (N=51 dans RESO),
- ✓ le concombre : 40,0 µg / kg pf (N = 63 dans RESO).

L'estimation du niveau de contamination de l'eau du robinet en Guadeloupe est également légèrement abaissée en raison de 3 prélèvements sur 109 au dessus de la limite de 0,1 µg / L.

Parmi les denrées pour lesquelles une limite à 200 µg / kg pf s'applique, seul le chou caraïbe a un niveau de contamination abaissé, le taux de non-conformité étant estimé à 4,2% (N = 2/47 dans RESO).

Tableau 10 : simulation des expositions les plus élevées et pourcentage de personnes dépassant la limite tolérable d'exposition chronique selon différents scénarii d'impact des LMs (estimation haute)

	Exposition réelle		LM de 50µg/kg pf appliqué aux principaux contributeurs identifiés en 2005		LM de 50µg/kg pf appliqué aux principaux contributeurs identifiés en 2007	
	P95	% de personnes dépassant la limite	P95	% de personnes dépassant la limite	P95	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans						
Guadeloupe, ZC	0,5	7,7% [1 ; 25,1]	0,5	3,8% [0,1 ; 19,6]	0,5	0% [0 ; 13,2]
Martinique, ZC	0,7	18,5% [6,3 ; 38,1]	0,6	14,8% [4,2 ; 33,7]	0,4	0% [0 ; 4,0]
Martinique, ZNC	0,2	0% [0 ; 9,0]	0,2	0% [0 ; 9,0]	0,2	0% [0 ; 9,0]
Enfants de 6 à 10 ans						
Guadeloupe, ZC	0,3	3,7% [0,5 ; 12,8]	0,3	0% [0 ; 6,6]	0,2	0% [0 ; 6,6]
Martinique, ZC	0,5	8,6% [2,9 ; 19]	0,5	6,9% [1,9 ; 16,7]	0,3	0% [0 ; 6,2]
Martinique, ZNC	0,1	0% [0 ; 4,0]	0,1	0% [0 ; 4,0]	0,1	0% [0 ; 4,0]
Enfants de 11 à 15 ans						
Guadeloupe, ZC	0,2	3,6% [0,4 ; 12,3]	0,2	0% [0 ; 6,4]	0,2	0% [0 ; 6,4]
Martinique, ZC	0,4	1,3% [0 ; 6,9]	0,4	1,3% [0 ; 6,9]	0,2	0% [0 ; 4,5]
Martinique, ZNC	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%
Adultes de plus de 16 ans						
Guadeloupe, ZC	0,2	0,2% [0,2 ; 0,3]	0,2	0%	0,1	0%
Martinique, ZC	0,3	0,2% [0,2 ; 0,2]	0,3	0%	0,2	0%
Martinique, ZNC	0,1	0%	0,1	0%	0,1	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende : ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, P95 : 95^{ème} percentile de l'exposition en µg / kg p. c. / jour. Grille de lecture : P95 : niveau d'exposition atteint ou dépassé par les 5% de la population ayant les expositions les plus élevées. % de personnes dépassant la limite : pourcentage de personnes dépassant la limite tolérable d'exposition chronique. Les intervalles de confiance sont donnés après le pourcentage. Exemple : 3,6% [0,4 ; 12,3] signifie que 3,6% des individus dépassent la limite tolérable, et que l'intervalle de confiance est compris entre 0,4% et 12,3%. Lorsque ce pourcentage est statistiquement différent de 0, la case correspondante est grisée.

Une efficacité totale des limites actuellement en vigueur aurait pour conséquence de réduire légèrement le niveau d'exposition des populations (tableau 10). Pour les populations les plus exposées (95^{ème} percentile), le niveau d'exposition est en effet réduit d'en moyenne 0,04 µg / kg p. c. / jour. La population pour lequel l'impact est le plus important correspond aux jeunes enfants de 3 à 5 ans de la zone contaminée de Martinique, pour laquelle le 95^{ème} percentile d'exposition passe de 0,73 µg / kg p. c. / jour à 0,61 µg / kg p. c. / jour. En conséquence, sur 12 sous-groupes de populations étudiés, 8 ne présenteraient plus de dépassement significatif de la limite tolérable d'exposition chronique, alors que dans l'estimation de l'exposition réelle, seuls 4 sous-groupes ne semblaient pas à risque.

Cependant, même avec une efficacité totale des limites en vigueur, 4 sous-groupes présentent encore des dépassements significatifs de la limite tolérable d'exposition chronique. L'ensemble des sous-

groupes d'enfants de la zone contaminée de Martinique sont concernés, avec une fréquence de dépassement de la limite tolérable comprise entre 1,3% [0,03 ; 4,6] pour le groupe des 11 – 15 ans et 14,8% [4,2 ; 33,7] pour le groupe des 3 – 5 ans. Les jeunes enfants de 3 à 5 ans de la zone contaminée de Guadeloupe sont également concernés avec une fréquence de dépassement de la limite tolérable estimée à 3,8% [0,1 ; 19,6]. Ces dépassements pourraient être expliqués par le fait que d'autres aliments que les 8 sur lesquels s'appliquent actuellement la limite maximale de 50 µg / kg pf contribuent de manière significative à l'apport total en chlordécone.

En conséquence, un second scénario évalue l'impact total d'un seuil de 50 µg / kg pf élargi à l'ensemble des principaux contributeurs soit, en plus des 8 principaux contributeurs précédemment identifiés, les choux caraïbes, poissons pélagiques, poissons de nasses et de filets, bananes tinain, bananes fruits et fruits type « corossols ». Les limites maximales en vigueur s'appliquent pour l'eau et les autres denrées.

Dans ce second scénario, parmi les 6 nouveaux principaux contributeurs, seuls 3 ont un niveau abaissé :

- ✓ le chou caraïbe, dont la fréquence de dépassement du seuil est estimée à 6,4% (N= 3/47),
- ✓ les poissons pélagiques, dont la fréquence de dépassement est estimée à 11,1% (N= 2/18),
- ✓ les poissons de nasses et de filets, dont la fréquence de dépassement est estimée à 2,6% (N= 1/39).

Les estimations des niveaux de contamination des bananes et les fruits de type « corossols » ne sont pas modifiées, en raison de l'absence de dépassement de ce seuil. Les maximums de contamination observés pour ces denrées s'élèvent en effet à :

- ✓ la banane : 14 µg / kg pf (N= 30 dans RESO),
- ✓ les fruits type « corossols » : 44,0 µg / kg pf (N = 31 dans RESO).

D'après le tableau 10, un seuil limite de 50 µg / kg pf élargi aux poissons pélagiques, aux poissons de nasses et de filets, aux choux caraïbes, bananes et fruits type « corossols » a pour conséquence d'abaisser le niveau d'apport total en chlordécone de l'ensemble des individus en deçà de la limite tolérable d'exposition chronique. Compte-tenu des niveaux réels de contamination observés des bananes et fruits type « corossols », il est à noter que ce seuil n'est jamais dépassé pour ces denrées. Toute simulation qui aurait considéré un seuil pour la banane supérieur à 15 µg / kg pf aurait en réalité abouti au même résultat.

4.2.2 Exposition aiguë de la population antillaise

L'impact d'une limite maximale à 50 µg / kg pf est simulée sur les 3 légumes racines, dont les niveaux de contamination sont susceptibles de représenter un risque aiguë : le chou caraïbe, le dachine et la patate douce. L'impact d'une limite maximale à 200 µg / kg pf est simulée pour les produits d'eau douce sauvage et d'élevage. Le tableau 11 présente les niveaux d'apport en chlordécone pour les populations les plus exposées (97,5^{ème} percentile et maximum).

L'efficacité de ces limites est totale puisque plus aucun dépassement de la limite tolérable d'exposition aiguë n'est observé pour les populations à risque. En effet, le niveau maximum d'exposition est estimé à 3,7 µg / kg p. c. / jour soit environ le tiers de la valeur tolérable d'exposition aiguë, chez les enfants de 11 à 15 ans en zone contaminée de Guadeloupe pour une contamination maximale à 50 µg / kg pf des patates douces. Les niveaux d'exposition des populations les plus exposées (97,5^{ème} percentile) ne dépassent pas 2,6 µg / kg p. c. / jour (estimé chez les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe pour une contamination maximale à 50 µg / kg pf des dachines), soit le quart de la valeur tolérable d'exposition aiguë, alors qu'ils pouvaient atteindre jusqu'à 7 fois la valeur tolérable, en absence de limites maximales.

La méthode utilisée présente des limites en ce qui concerne les denrées d'origine animale. En absence d'étude spécifique réalisée sur les denrées d'origine animale, les instances internationales d'évaluation ont fixé le facteur de variabilité à 1, ce qui revient à considérer l'absence de variabilité intra-échantillon dans les denrées d'origine animale. Ce facteur est potentiellement sous-estimé,

conduisant donc probablement à une sous-estimation du risque aigu lié à une contamination accidentelle des denrées d'origine animale.

Tableau 11 : impact des LM sur les niveaux d'apport en chlordécone en $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / \text{jour}$

Type d'aliments	Population générale	P97,5 sans limite	P97,5 avec limite	Max avec limite
Chou caraïbe (LM = 50 $\mu\text{g} / \text{kg pf}$)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	19,1	1,9	1,9
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	19,0	1,5	1,5
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	11,4	0,9	1,5
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	6,0	0,8	1,3
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	12,8	0,9	1,3
	Adultes ZC Guad	5,7	0,5	1,6
	Adultes ZNC Mart	2,8	0,2	1,2
Poissons et crustacés d'eau douce sauvage (LM = 200 $\mu\text{g} / \text{kg pf}$)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	16,5	1,1	1,1
	Adultes ZC Guad	7,2	0,3	0,9
	Adultes ZC Guad	0,7	0,3	1,1
Dachine (LM = 50 $\mu\text{g} / \text{kg pf}$)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	68,4	2,6	2,6
	Enfants de 3 à 5 ans ZNC Mart	50,0	1,7	1,7
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	47,5	2,2	2,2
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	42,3	2,0	2,0
	Enfants de 6 à 10 ans ZNC Mart	28,9	1,0	1,3
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	30,4	1,4	1,6
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Guad	28,1	1,0	2,7
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	27,3	1,0	1,3
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Mart	33,6	1,4	1,8
	Adultes ZC Guad	19,9	0,8	1,6
	Adultes ZNC Mart	19,6	0,7	1,3
	Adultes ZC Mart	22,5	1,0	1,2
Patate douce (LM = 50 $\mu\text{g} / \text{kg pf}$)	Enfants de 3 à 5 ans ZC Guad	60,1	2,2	2,2
	Enfants de 3 à 5 ans ZNC Mart	25,8	0,8	0,8
	Enfants de 3 à 5 ans ZC Mart	23,3	0,9	0,9
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Guad	31,4	1,0	1,7
	Enfants de 6 à 10 ans ZNC Mart	6,4	0,4	0,5
	Enfants de 6 à 10 ans ZC Mart	9,7	0,7	0,8
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Guad	22,3	1,0	3,7
	Enfants de 11 à 15 ans ZNC Mart	13,4	0,4	0,7
	Enfants de 11 à 15 ans ZC Mart	14,3	0,6	0,7
	Adultes ZC Guad	14,7	0,6	0,9
	Adultes ZNC Mart	9,3	0,3	0,9
Adultes ZC Mart	11,1	0,5	0,8	

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende : ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, Guad : Guadeloupe, Mart : Martinique. Les résultats fournis correspondent aux estimations hautes. P97,5 sans limite : niveau d'exposition en $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / \text{jour}$ atteint ou dépassé par les 2,5% de la population ayant les expositions les plus élevées, en considérant le maximum de contamination observé. P97,5 avec limite : niveau d'exposition en $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / \text{jour}$ atteint ou dépassé par les 2,5% de la population ayant les expositions les plus élevées, en considérant un maximum de contamination au niveau de la limite maximale. Max avec limite : niveau maximal d'exposition en $\mu\text{g} / \text{kg p. c.} / \text{jour}$ estimé, en considérant un maximum de contamination au niveau de la limite maximale.

Fig 3.b Distribution cumulative de l'exposition des enfants âgés de 3 à 5 ans en zone contaminée de Martinique

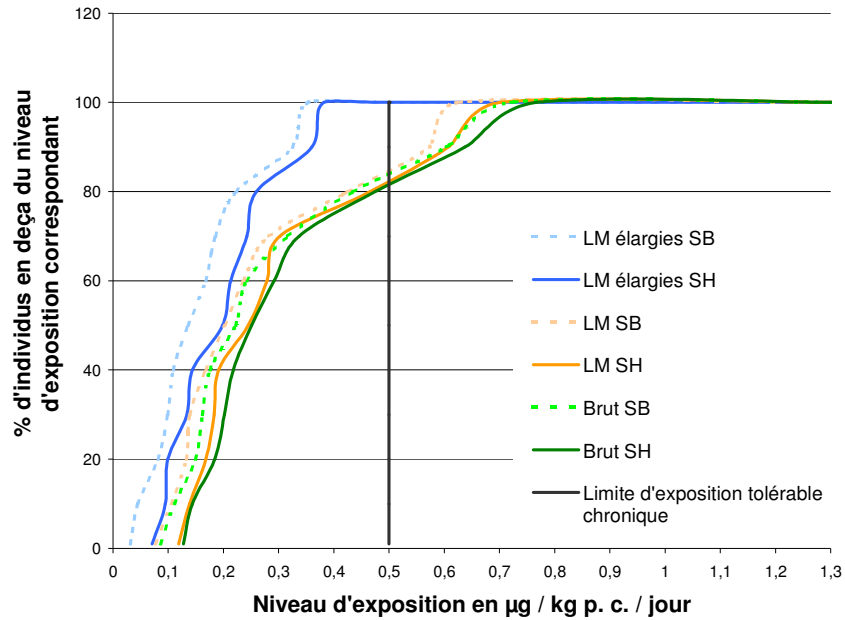


Fig 3.c Distribution cumulative de l'exposition des enfants âgés de 3 à 5 ans en zone non contaminée de Martinique

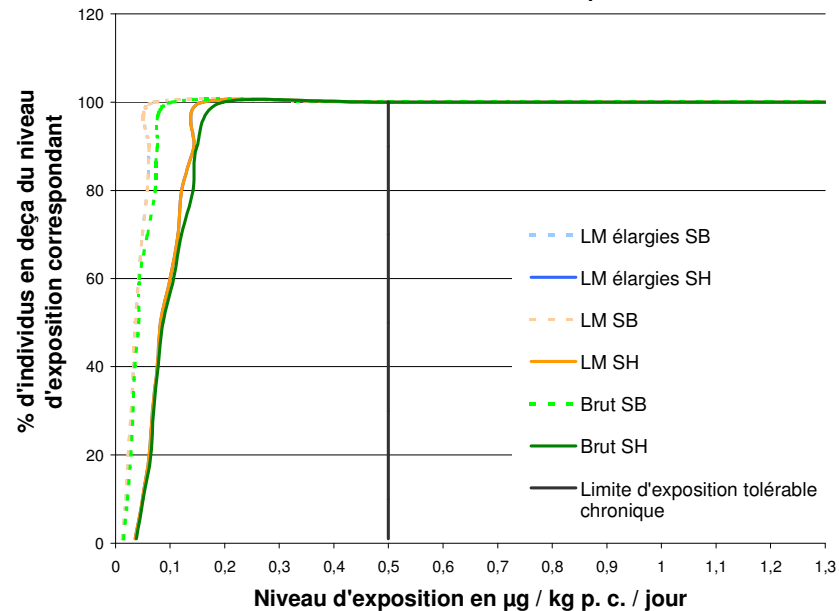
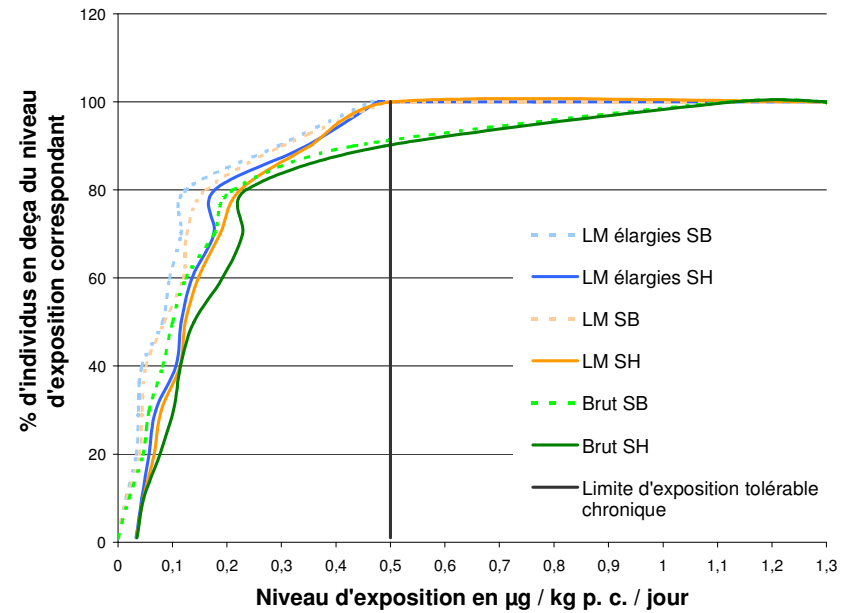


Figure 3 : impact des LMp sur le niveau d'exposition des jeunes enfants de 3 à 5 ans

Fig 3.a Distribution cumulative de l'exposition des enfants âgés de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe



Notations :

- ZC : zone contaminée
- ZNC : zone non contaminée
- SB : estimation basse
- SH : estimation haute
- LM : LMp en vigueur
- LM élargies : LMp de 50 µg / kg pf élargie à l'ensemble des principaux contributeurs

Remarque : en zone non contaminée de Martinique, les courbes représentant la distribution cumulative de l'exposition avec les LMp élargies sont confondues avec les courbes représentant la distribution cumulative de l'exposition avec les LMp.

4.3 IMPACT DES RECOMMANDATIONS DE CONSOMMATION

4.3.1 Prise en compte des habitudes d'autoconsommation

Ce scénario simule l'impact total d'un seuil de contamination maximale de 50 µg / kg pf appliqué à l'ensemble des principaux contributeurs, mais uniquement lorsque ces derniers proviennent de circuits marchands.

Tableau 12 : simulation des expositions les plus élevées et pourcentage de personnes dépassant la limite tolérable d'exposition chronique lorsque le seuil de 50 µg / kg pf ne s'applique qu'aux denrées commercialisées

	N	Exposition réelle			LM de 50µg/kg pf appliqué aux principaux contributeurs de 2007 lorsqu'ils sont commercialisées		
		Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans							
Guadeloupe, ZC	26	0,21 +/- 0,23	0,53	7,7% [1 ; 25,1]	0,20 +/- 0,22	0,48	3,8% [0,1 ; 19,6]
Martinique, ZC	27	0,32 +/- 0,18	0,73	18,5% [6,3 ; 38,1]	0,28 +/- 0,17	0,63	14,8% [2,4 ; 29,2]
Martinique, ZNC	39	0,10 +/- 0,04	0,17	0% [0 ; 9]	0,09 +/- 0,03	0,16	0% [0 ; 9,0]
Enfants de 6 à 10 ans							
Guadeloupe, ZC	54	0,15 +/- 0,15	0,35	3,7% [0,5 ; 12,8]	0,14 +/- 0,14	0,33	3,7% [0,5 ; 12,8]
Martinique, ZC	58	0,25 +/- 0,14	0,54	8,6% [2,9 ; 19]	0,21 +/- 0,15	0,52	6,9% [1,9 ; 16,7]
Martinique, ZNC	90	0,07 +/- 0,04	0,15	0% [0 ; 4]	0,07 +/- 0,03	0,13	0% [0 ; 4,6]
Enfants de 11 à 15 ans							
Guadeloupe, ZC	56	0,11 +/- 0,12	0,27	3,6% [0,4 ; 12,3]	0,10 +/- 0,12	0,26	3,6% [0,4 ; 12,3]
Martinique, ZC	79	0,18 +/- 0,12	0,41	1,3% [0 ; 6,9]	0,16 +/- 0,11	0,36	1,3% [0 ; 6,9]
Martinique, ZNC	112	0,06 +/- 0,03	0,13	0%	0,05 +/- 0,03	0,11	0%
Adultes de plus de 16 ans							
Guadeloupe, ZC	401	0,09 +/- 0,08	0,25	0,2% [0,2 ; 0,3]	0,08 +/- 0,07	0,23	0,2% [0,2 ; 0,3]
Martinique, ZC	476	0,15 +/- 0,09	0,32	0,2% [0,2 ; 0,2]	0,13 +/- 0,09	0,29	0%
Martinique, ZNC	619	0,04 +/- 0,02	0,08	0%	0,04 +/- 0,02	0,07	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende :

ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, P95 : 95^{ème} percentile de l'exposition

Grille de lecture :

P95 : niveau d'exposition atteint ou dépassé par les 5% de la population ayant les expositions les plus élevées
% de personnes dépassant la limite : pourcentage de personnes dépassant la limite tolérable d'exposition chronique. Les intervalles de confiance sont donnés après le pourcentage. Exemple : 3,6% [0,4 ; 12,3] signifie que 3,6% des individus dépassent la limite tolérable, et que l'intervalle de confiance est compris entre 0,4% et 12,3%. Lorsque ce pourcentage est statistiquement différent de 0, la case correspondante est grisée.

Lorsque les habitudes d'autoconsommation de la population antillaise sont prises en compte, il ressort que les limites maximales n'ont un impact que très limité sur le niveau d'exposition de la population habitant en zone contaminée (tableau 12). Pour les populations les plus exposées (95^{ème} percentile), le niveau d'exposition est en effet réduit d'en moyenne 0,03 µg / kg p. c. / jour. La population pour lequel l'impact est le plus important correspond aux jeunes enfants de 3 à 5 ans de la zone contaminée de Martinique, pour laquelle le 95^{ème} percentile d'exposition passe de 0,73 µg / kg p. c. / jour à 0,63 µg / kg p. c. / jour. En conséquence, seul un sous-groupe de plus que dans l'estimation de l'exposition réelle, se retrouve intégralement « protégé » : il s'agit des adultes de la zone contaminée de Martinique.

La figure 4 compare, pour le même scénario d'exposition, la contribution des produits autoconsommés aux apports totaux en chlordécone entre les populations à risque (dont les apports totaux dépassent 0,5 µg / kg p. c. / jour) et les populations non à risque (dont les apports totaux sont inférieurs à 0,5 µg / kg p. c. / jour) des zones contaminées. Quel que soit le groupe d'âge et le département considéré, la contribution des produits autoconsommés est plus importante chez les populations à risque que chez les populations non à risque. Elle est comprise entre 65,5% (enfants de 6 à 10 ans en Guadeloupe) et 89,7% (enfants de 11 à 15 ans en Martinique) pour les populations non à risque tandis qu'elle est comprise entre 95,8% (enfants de 6 à 10 ans en Martinique) et 99,8% (enfants de 3 à 5 ans en Guadeloupe) pour les populations à risque.

Les habitudes d'autoconsommation, très fréquentes dans les Antilles françaises, expliquent donc l'impact non total des limites maximales de contamination des aliments, lorsque l'on considère que ces dernières ne s'appliquent qu'aux produits commercialisés. Compte-tenu de la contribution des produits autoconsommés, dépassant 95% de l'apport total pour les populations à risque, même un abaissement du seuil de 50 µg / kg pf à un seuil de 10 µg / kg pf (limite de quantification pour les analyses de routine) n'aurait aucun impact sur le niveau de protection de ces populations. Ce résultat montre l'importance :

- ✓ de mieux caractériser les niveaux de contamination des aliments issus des jardins familiaux des zones contaminées de Martinique et de Guadeloupe, afin de valider et le cas échéant affiner l'hypothèse du modèle estimant que l'ensemble des produits en provenance des jardins des zones contaminés sont contaminés,
- ✓ d'établir en parallèle des limites maximales de contamination des aliments, des préconisations de consommation ciblées sur les populations à risque.

4.3.2 Exposition des populations respectant les préconisations de consommation

L'impact des préconisations de consommation formulées par l'AFSSA en 2005 est évalué de manière indirecte en comparant les niveaux d'exposition des populations respectant les préconisations, à ceux des populations ne les respectant pas.

Le tableau 13 présente les niveaux d'exposition des populations habitant en zone contaminée et consommant au plus 2 fois par semaine des légumes racines issus du jardin avec celles consommant plus de 2 fois par semaine des légumes racines du jardin.

Une très grande majorité de la population vivant en zone contaminée ont des habitudes alimentaires qui conduisent au respect de cette préconisation. En effet, en Guadeloupe, selon les groupes d'âges, entre 84% (adultes) et 92,6% (enfants de 6 à 10 ans) de la population ne consomment pas plus de 2 fois par semaine des patates douces, ignames et dachines issus de leur jardin. En Martinique, selon les groupes d'âges, entre 62,2% (adultes) et 92,6% (enfants de 3 à 5 ans) de la population respectent également cette préconisation. Le pourcentage d'individus ne consommant pas plus de 2 fois par semaine des légumes racines en provenance du jardin semble diminuer avec l'âge, sans impact sur le niveau de protection de ces populations.

Figure 4 : contribution des produits autoconsommés dans les apports totaux en chlordécone pour la population antillaise habitant en zone contaminée

Fig 4.a Contribution des produits autoconsommés aux apports totaux en chlordécone chez les enfants de 3 à 5 ans

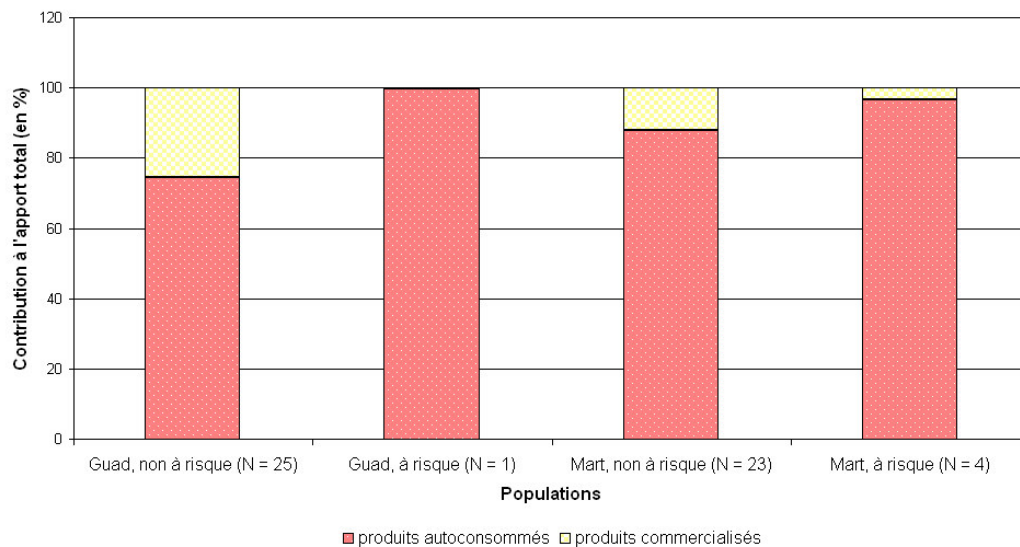


Fig 4.b Contribution des produits autoconsommés aux apports totaux en chlordécone chez les enfants de 6 à 10 ans

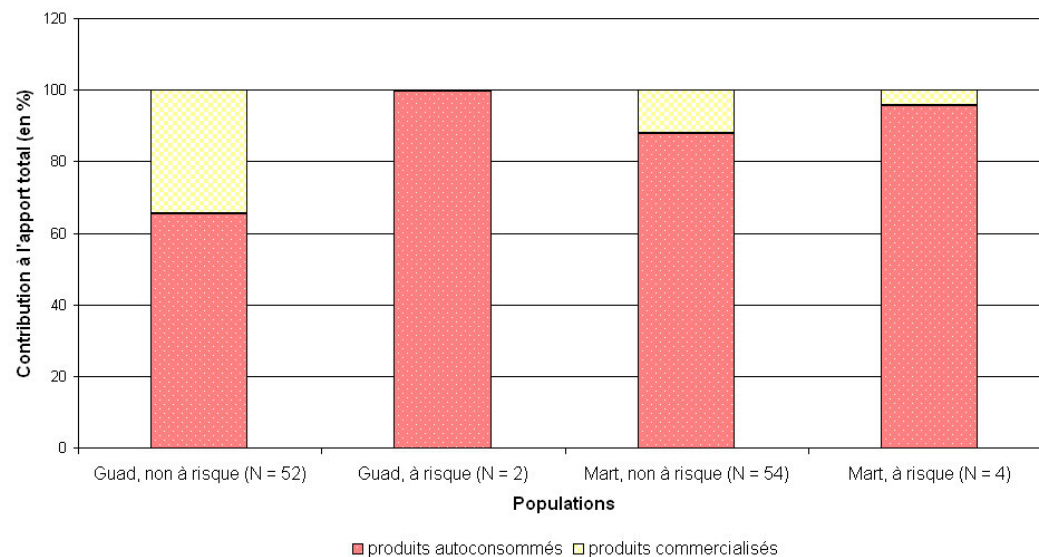


Fig 4.c Contribution des produits autoconsommés aux apports totaux en chlordécone chez les enfants de 11 à 15 ans

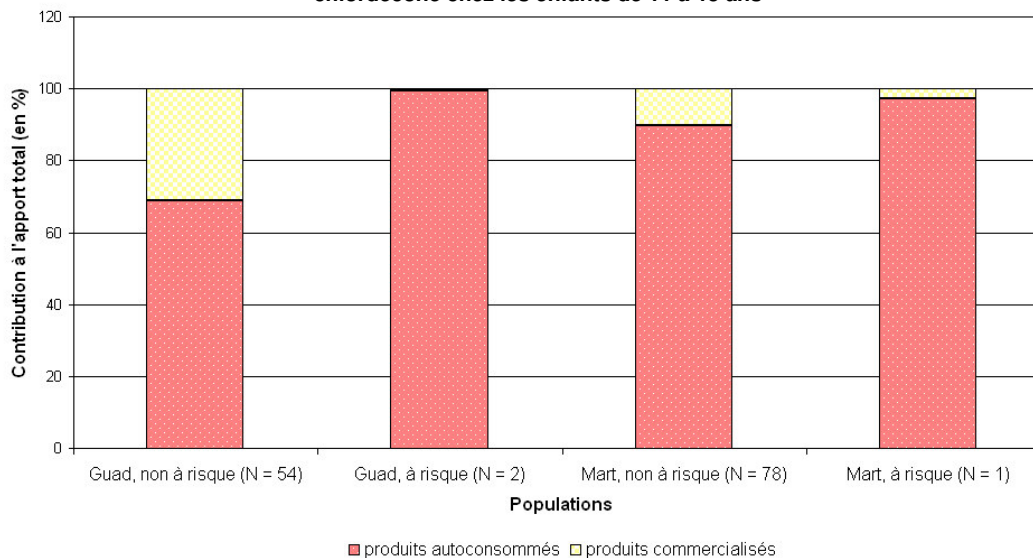
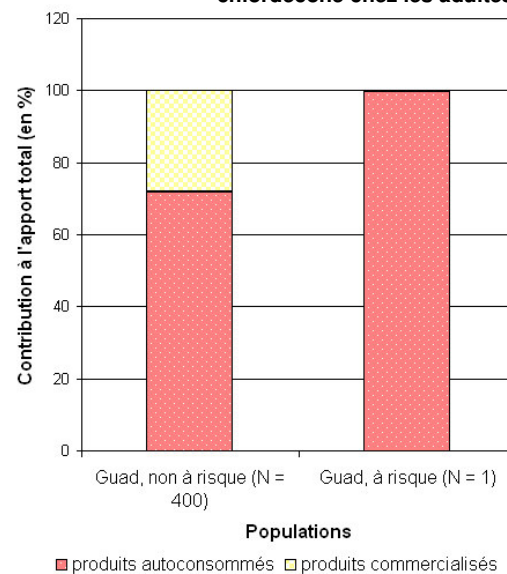


Fig 4.d Contribution des produits autoconsommés aux apports totaux en chlordécone chez les adultes de plus de 16 ans



Notations :

- * Guad : Guadeloupe
- * Mart : Martinique
- * Non à risque : apport total < 0,5 µg / kg p. c./j
- * A risque : apport total > 0,5 µg / kg p. c./j
- * N : nombre d'individus concernés

Tableau 13 : comparaison des niveaux d'exposition des populations vivant en zone contaminée et consommant ou non moins de 2 fois par semaine des légumes racines issus du jardin

	Population avec une fréquence de consommation dans la limite préconisée				Population avec une fréquence de consommation au delà de la limite préconisée			
	N (%)	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite	N (%)	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans								
Guad, ZC	23 (88,5%)	0,14 +/- 0,10	0,34	0,0% [0 ; 14,8]	3 (11,5%)	0,62 +/- 0,45	1,13	33,3% [0,8 ; 90,6]
Mart, ZC	25 (92,6%)	0,27 +/- 0,17	0,63	12,0% [2,6 ; 31,2]	2 (7,4%)	0,47 +/- 0,10	0,54	50,0% [1,3 ; 98,7]
Enfants de 6 à 10 ans								
Guad, ZC	50 (92,6%)	0,11 +/- 0,07	0,27	0,0% [0 ; 7,1]	4 (7,4%)	0,48 +/- 0,34	0,88	50,0% [6,8 ; 93,2]
Mart, ZC	43 (74,1%)	0,20 +/- 0,15	0,53	9,3% [2,6 ; 22,1]	15 (25,9%)	0,26 +/- 0,11	0,48	0% [0 ; 21,8]
Enfants de 11 à 15 ans								
Guad, ZC	51 (91,1%)	0,08 +/- 0,04	0,19	0,0% [0 ; 7,0]	5 (8,9%)	0,36 +/- 0,29	0,74	50,0% [0,4 ; 12,3]
Mart, ZC	60 (75,9%)	0,13 +/- 0,11	0,36	1,7% [0,04 ; 8,9]	19 (24,1%)	0,24 +/- 0,08	0,39	0% [0 ; 17,7]
Adultes de plus de 16 ans								
Guad, ZC	337 (84,0%)	0,06 +/- 0,04	0,14	0%	64 (16,0%)	0,18 +/- 0,12	0,36	1,6% [0,04 ; 8,4]
Mart, ZC	296 (62,2%)	0,10 +/- 0,07	0,26	0%	180 (37,8%)	0,18 +/- 0,08	0,34	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende :

ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, Guad : Guadeloupe, Mart : Martinique, N : nombre d'individus dans la population (% en pourcentage de l'ensemble des individus), Moy ± ET : moyenne et écart-type associé, P95 : 95^{ème} percentile de l'exposition

Les niveaux moyens d'exposition sont nettement plus faibles pour les personnes dont les habitudes alimentaires conduisent au respect de ces préconisations que pour les personnes ne les respectant pas. Pour les individus respectant les préconisations, le niveau moyen d'exposition est effectivement compris entre 0,06 ± 0,04 µg / µg p. c. / jour chez les adultes en zone contaminée de Guadeloupe et 0,27 ± 0,17 µg / µg p. c. / jour chez les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Martinique. Pour les individus ne respectant pas les préconisations, le niveau moyen d'exposition est compris entre 0,18 ± 0,08 µg / µg p. c. / jour chez les adultes en zone contaminée de Martinique et 0,62 ± 0,45 µg / µg p. c. / jour chez les enfants de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe. En conséquence, la probabilité de dépasser la limite tolérable d'exposition chronique est plus élevée chez les populations dont la fréquence de consommation dépasse la limite préconisée. Elle est effectivement comprise entre 33,3% [0,8 ; 90,6] et 50% [1,3 ; 98,7] chez les enfants pour lesquels la fréquence de consommation dépasse la limite, tandis qu'elle ne dépasse pas 12% [2,6 ; 31,2] chez les enfants dont les habitudes alimentaires entrent dans la limite.

Néanmoins, si le respect d'une limitation à 2 fois par semaine de la consommation de dachines, ignames et patates douces issus du jardin semble garantir une certaine protection de la population, il ne suffirait pas à protéger l'ensemble de la population. Des dépassements de la limite tolérable d'exposition chronique sont effectivement encore observés chez les enfants ne consommant pas plus de deux fois par semaine les produits issus du jardin familial. Ces dépassements ne seraient en

réalité pas uniquement liés à la consommation de légumes racines du jardin. Les produits de la mer issus du circuit court – pêche de subsistance, don ou achat sur le bord des routes – contribueraient également de manière significative à l'exposition.

L'impact d'une limitation de la consommation des produits de la mer issus des circuits courts est donc simulé. Ainsi que le montre le tableau 14, il ressort qu'une consommation des produits de la mer issus des circuits courts limitée à 4 fois par semaine, ce qui représente environ un jour sur deux, permet une protection totale des populations à risque.

Tableau 14 : comparaison des niveaux d'exposition des populations vivant en zone contaminée et consommant ou non moins de 2 fois par semaine des légumes racines issus du jardin et limitant la consommation de poissons de mer en provenance du circuit court à 4 fois par semaine

	Population avec une fréquence de consommation dans les limites préconisées				Population avec une fréquence de consommation au delà des limites préconisées			
	N (%)	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite	N (%)	Moy ± ET (µg/kg pc/j)	P95	% de personnes dépassant la limite
Enfants de 3 à 5 ans								
Guad, ZC	19 (73,1%)	0,13 +/- 0,10	0,48	0% [0 ; 17,7]	7 (26,9%)	0,39 +/- 0,34	1,13	14,3% [0,4 ; 57,9]
Mart, ZC	21 (77,8%)	0,20 +/- 0,08	0,36	0% [0 ; 16,1]	6 (22,2%)	0,56 +/- 0,11	0,70	66,7% [22,3 ; 95,7]
Enfants de 6 à 10 ans								
Guad, ZC	38 (70,4%)	0,09 +/- 0,05	0,17	0% [0 ; 9,3]	16 (29,6%)	0,26 +/- 0,21	0,88	12,5% [1,6 ; 38,4]
Mart, ZC	39 (67,2%)	0,16 +/- 0,09	0,40	0% [0 ; 9,0]	19 (32,8%)	0,32 +/- 0,17	0,64	21,1% [6,1 ; 45,6]
Enfants de 11 à 15 ans								
Guad, ZC	45 (80,4%)	0,07 +/- 0,04	0,15	0% [0 ; 7,9]	11 (19,6%)	0,24 +/- 0,22	0,74	18,2% [2,3 ; 51,8]
Mart, ZC	50 (44,6%)	0,10 +/- 0,06	0,26	0% [0 ; 7,1]	29 (25,9%)	0,26 +/- 0,09	0,40	3,5% [0,1 ; 17,8]
Adultes de plus de 16 ans								
Guad, ZC	249 (62,1%)	0,06 +/- 0,04	0,13	0%	152 (37,9%)	0,13 +/- 0,09	0,28	0,7% [0 ; 1,4]
Mart, ZC	248 (52,1%)	0,08 +/- 0,06	0,20	0%	228 (47,9%)	0,19 +/- 0,08	0,33	0%

Sources : Enquêtes ESCAL, CALBAS, RESO – Traitement AFSSA

Légende :

ZC : Zone contaminée, ZNC : Zone non contaminée, Guad : Guadeloupe, Mart : Martinique, N : nombre d'individus dans la population (% en pourcentage de l'ensemble des individus), Moy ± ET : moyenne et écart-type associé, P95 : 95^{ème} percentile de l'exposition

Plus de la moitié des individus habitant en zone contaminée ne consommeraient pas plus de deux fois par semaine des légumes racines (igname, dachine, patate douce) de leur jardin et pas plus de quatre fois par semaine des produits de la mer issus du circuit court. En effet, en Guadeloupe, selon les groupes d'âges, entre 62,1% (adultes) et 80,4% (enfants de 11 à 15 ans) de la population sont dans cette situation. En Martinique, mis à part les enfants de 11 à 15 ans parmi lesquels seulement 44,6% sont dans cette situation, entre 52,2% (adultes) et 77,8% (enfants de 3 à 5 ans) de la population ne consommeraient pas plus de 4 fois par semaine des produits de la pêche issus du circuit court et pas plus de 2 fois par semaine des légumes racines issus du jardin.

Cependant, ces résultats dépendent fortement des hypothèses du modèle selon lesquelles, en zone contaminée, les produits issus du circuit court sont systématiquement contaminés. Les préconisations établies à partir de ces résultats sont donc en toute vraisemblance extrêmement protectrices, mais se justifient dans l'attente d'une meilleure caractérisation des niveaux de contamination des aliments issus des jardins familiaux des zones contaminées de Martinique et de Guadeloupe, ainsi que des produits de la mer et d'eau douce issus des circuits courts.

Figure 4 : impact des préconisations de consommation sur le niveau d'exposition des jeunes enfants de 3 à 5 ans

Fig 4.a Distribution cumulative de l'exposition des enfants âgés de 3 à 5 ans en zone contaminée de Guadeloupe

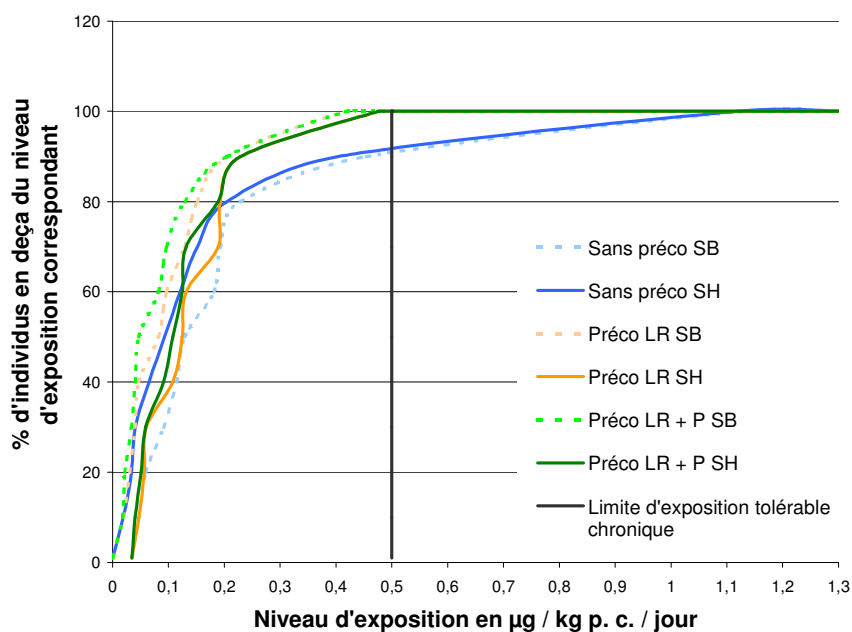
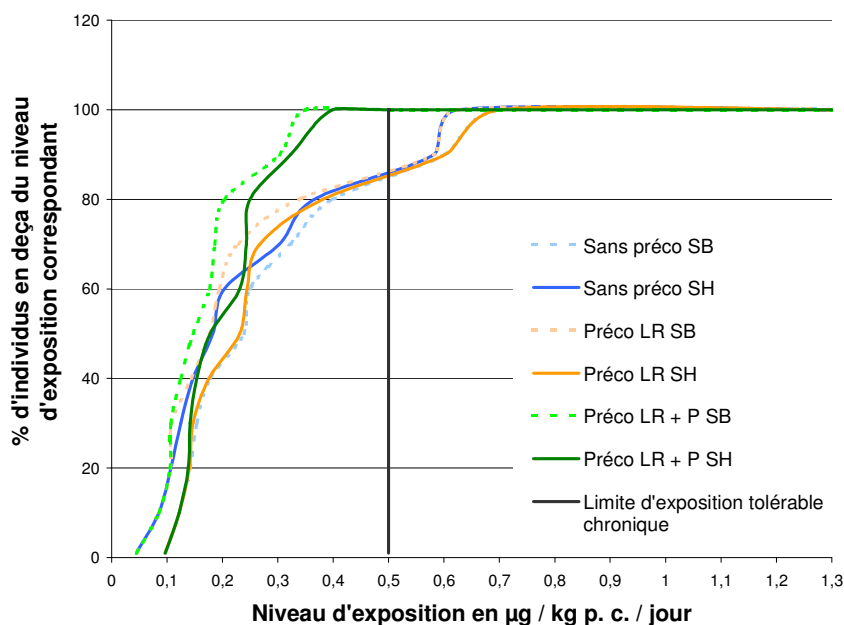


Fig 4.b Distribution cumulative de l'exposition des enfants âgés de 3 à 5 ans en zone contaminée de Martinique



Notations :

- * ZC : zone contaminée
- * ZNC : zone non contaminée
- * SB : estimation basse
- * SH : estimation haute
- * Sans préco : impact des LM élargies uniquement sur les denrées commercialisées
- * Préco LR : consommation des légumes racines issus du jardin au maximum 2 fois par semaine
- * Préco LR + P : consommation des légumes racines issus du jardin au maximum 2 fois par semaine, et consommation de produits de la mer en provenance du circuit court au maximum 4 fois par semaine.

4.4 EVALUATION DE L'INCERTITUDE

Cette étude est accompagnée d'un certain nombre d'incertitudes, qu'il convient de prendre en considération dans l'interprétation des résultats et dans les décisions qui pourraient en découler. Ces incertitudes sont caractérisées d'un point de vue qualitatif. Il est possible de distinguer :

- ✓ l'incertitude associée aux données disponibles,
- ✓ l'incertitude associée aux modèles utilisés.

4.4.1 Incertitude associée aux données utilisées

Le tableau 15 caractérise l'ensemble des incertitudes associées aux données utilisées dans le cadre de cette évaluation.

Au niveau des habitudes de consommation, l'incertitude la plus importante concerne les nourrissons et jeunes enfants, qui ne sont pas inclus dans cette évaluation, mais pour lesquels une étude de consommation spécifique est en cours en Guadeloupe. Compte-tenu des effets néfastes associés au chlordécone, et compte-tenu des habitudes alimentaires particulières de cette population (allaitement maternel, alimentation peu diversifiée), les nourrissons et jeunes enfants représentent une population potentiellement à risque. Le chapitre suivant dresse l'état des connaissances disponibles pour l'évaluation de l'exposition alimentaire des nourrissons et jeunes enfants antillais.

Au niveau de la contamination des aliments, l'incertitude la plus importante concerne les niveaux de contamination des aliments issus des jardins situés dans les zones contaminées, qui restent mal renseignés malgré les efforts réalisés en ce sens dans les enquêtes RESO. De plus, les analyses réalisées dans le cadre de ces études portent sur les denrées entières, et non uniquement sur les parties comestibles, ou sur les parties effectivement consommées par la population antillaise. Une meilleure connaissance à la fois de la répartition du chlordécone dans les matrices végétales et animales ainsi que des modes de préparation des aliments de la population antillaises permettrait d'affiner l'estimation de l'exposition réelle au chlordécone.

Enfin, l'estimation de la contamination des eaux de source, consommées de manière importante par certaines personnes, en particulier, d'après l'enquête ESCAL, en zone contaminée de Martinique, est approchée par les niveaux mesurés dans les réseaux d'eau potable, conduisant potentiellement à une sous-estimation du niveau de contamination de l'eau consommée. Cette sous-estimation est cependant relativisée du fait que les ordres de grandeur de contamination de l'eau sont en général beaucoup plus faibles que ceux des aliments.

4.4.2 Incertitude associée aux modèles

Le tableau 16 caractérise l'ensemble des incertitudes associées aux hypothèses des modèles, réalisées dans le cadre de cette évaluation. Les hypothèses de travail ont été définies de façon à surestimer plutôt que sous-estimer l'exposition des populations. En conséquence, l'efficacité réelle des mesures de gestion – limites maximales de contamination des aliments, préconisation de consommation – est probablement sous-estimée.

En particulier, les niveaux de consommation des aliments pour les enfants semblent surestimés par rapport à ce qui est observé en métropole, aboutissant potentiellement à une surestimation de leur niveau d'exposition.

De même, les aliments issus du circuit court en zone contaminée sont considérés comme étant systématiquement contaminés. Cette hypothèse conduit en toute vraisemblance à une surestimation du niveau réel de contamination de ces aliments, et donc de l'exposition des populations ayant des habitudes d'autoconsommation en zone contaminée. Une meilleure caractérisation des niveaux de contamination des produits issus des jardins familiaux, ou de manière indirecte du niveau de pollution des sols où sont situés ces jardins, paraît indispensable. Elle permettrait d'affiner les préconisations de consommation envers ces populations à risque.

Tableau 15 : caractérisation de l'incertitude associée aux données utilisées

Données	Source d'incertitude	Ordre de grandeur
Consommation et approvisionnement	<p>Les données de consommation disponibles ne prennent en compte que la population âgée de plus de 3 ans. Le niveau de risque associé à l'exposition alimentaire, dont les apports par le lait maternel, des nourrissons et jeunes enfants n'est donc pas caractérisé.</p> <p>Or les nourrissons et les enfants en bas âge, encore en phase majeure de développement, peuvent être plus ou moins sensibles que l'adulte à une exposition au chlordécone. D'autre part, les nourrissons et jeunes enfants ont, rapporté à leur poids corporel, des apports en aliments et en eau trois à quatre fois supérieurs à ceux de l'adulte, avec des sources de nourriture beaucoup moins variées ou tout au moins différentes (Codex Committee on Pesticide Residues, 2000).</p> <p>Ils représentent donc une population potentiellement à risque.</p>	- - - / +
Consommation et approvisionnement	<p>Les données de consommation disponibles pour la Guadeloupe ne sont représentatives que de la population de 9 communes considérées contaminées de la région de Basse-Terre.</p> <p>Aucune information n'est disponible sur les habitudes de consommation et d'approvisionnement des habitants des autres communes de la région de Basse-Terre et de la Grande-Terre.</p>	+ / + + +
Consommation et approvisionnement	Les effectifs disponibles dans les différents groupes d'âge d'enfants sont relativement faibles (entre 26 et 112), conduisant à de grands intervalles de confiance.	- / +
Approvisionnement	Les habitudes d'approvisionnement indiqués pour l'ensemble des fruits sont extrapolées à chaque groupe de fruits défini dans le fréquentiel, alors qu'il existe vraisemblablement des variations selon les types de fruits.	- / +
Approvisionnement	Les écarts entre les habitudes d'approvisionnement et les habitudes de consommation sont corrigés par les habitudes moyennes d'approvisionnement observés au niveau de la population correspondante.	- / +
Contamination	Les enquêtes RESO ne renseignent pas le niveau de contamination des eaux de consommation. Celles-ci sont approchées par les résultats disponibles sur le réseau d'eau potable en Martinique et Guadeloupe, transmis par les DSDS. Or l'enquête ESCAL montre, en particulier pour la zone contaminée, des consommations d'eau particulièrement significatives en provenance de « sources », dont les niveaux de contamination ne semblent jusqu'à présent pas renseignés.	- / +
Contamination	Malgré un plan d'échantillonnage représentatif des habitudes d'approvisionnement des populations, le circuit court reste mal renseigné.	- / +
Contamination	<p>Les aliments ont été broyés mais n'ont pas été lavés. Ils ont été analysés dans leur totalité, excepté les parties non broyables (écorces, coquilles, arêtes, os). Les niveaux de contamination mesurés ne sont donc pas nécessairement représentatifs des niveaux de contamination des aliments tels que consommés. La répartition du chlordécone dans les denrées alimentaires n'est pas encore très bien caractérisée. Les études réalisées par l'INRA et le CIRAD sur le transfert sol / plante pour les légumes racines (Cabidoche <i>et al.</i>, 2006) semblent montrer que les cortex de certains légumes racines seraient plus contaminés que la pulpe. Les études environnementales réalisées sur les poissons montrent des teneurs très élevées dans les viscères (Monti, 2005), parties qui ne sont pas systématiquement consommées.</p>	- / + +
Contamination	En absence d'information, des hypothèses sont réalisées sur le niveau de contamination de certains aliments. Ces hypothèses sont considérées conservatrices, dont aboutissant à une surestimation du niveau d'exposition des populations.	+ / + +

Grille de lecture : voir en bas du tableau 16

Tableau 16 : caractérisation de l'incertitude associée aux modèles

Hypothèses	Source d'incertitude	Ordre de grandeur
Scénario d'exposition	La consommation journalière de chaque individu est estimée à travers les fréquences de consommation déclarées. Utilisé sur l'ensemble du régime, ce type de données de consommation aboutit à une surestimation de la consommation réelle (FAO/WHO, 2005). En conséquence, les niveaux d'exposition sont surestimés.	+ / + + +
Scénario d'exposition	La variabilité des tailles de portion entre les individus n'est pas prise en compte, pouvant conduire à une sous-estimation du niveau d'exposition des individus consommant souvent de larges portions et à une sur-estimation du niveau d'exposition des individus consommant souvent de petites portions. Les tailles des portions pour les enfants sont estimées indirectement en faisant l'hypothèse que les ratios des tailles de portion entre les enfants et les adultes dans les Antilles sont identiques à ceux de la métropole. Les résultats se traduisent par une surestimation des consommations alimentaires individuelles chez les enfants, en comparaison avec les résultats de la métropole, conduisant au final à une surestimation de l'exposition.	- / + +
Scénario d'exposition chronique	Les individus vivant en zone contaminée ne s'approvisionnent qu'en zone contaminée. Cette hypothèse a pour effet de surestimer l'exposition de la population en zone contaminée. Les individus vivant en zone non contaminée ne s'approvisionnent qu'en zone non contaminée. Cette hypothèse a pour effet de sous-estimer l'exposition de la population en zone non contaminée.	-- / + +
Scénario d'exposition chronique	Les résultats censurés sont évalués à travers deux estimations extrêmes. En situation d'incertitude, il est fait l'hypothèse qu'en zone contaminée, l'ensemble des produits issus du circuit court sont systématiquement contaminés. Cette hypothèse est probablement très conservatrice car il a été montré que : <ul style="list-style-type: none"> - la pollution au chlordécone n'est pas uniforme au sein de la zone contaminée (Desprats <i>et al.</i>, 2004), - le transfert de chlordécone du sol vers la plante n'est pas uniforme (Achard <i>et al.</i>, 2004), - les produits issus du circuit court pour les habitants de la zone contaminée pourraient également provenir de la zone non contaminée. 	+ / + + +
Scénario d'exposition chronique	La variabilité de la contamination n'est prise en compte qu'au travers une moyenne de contamination.	-- / + +
Scénario d'exposition aiguë	Les scénarii d'exposition aiguë considèrent possibles des valeurs maximales de contamination des aliments observées dans des conditions expérimentales. Ils surestiment le niveau réel d'exposition aiguë des populations.	- / + +
Scénario d'exposition aiguë	Les scénarii d'exposition aiguë intègrent la variabilité de la contamination intra échantillon à l'aide des facteurs de variabilités définis dans les modèles internationaux pour l'évaluation de l'exposition aiguë aux résidus de pesticides (EFSA, 2007). La variabilité de contamination intra échantillon des différentes denrées propre au chlordécone n'est pas estimée dans le cadre de cette évaluation. Cette variabilité peut être sous-estimée pour certaines denrées, en particulier les denrées d'origine animale comme le poisson, les modèles internationaux étant peu adaptés pour ce type de problématique.	- / - -

Grille de lecture:

Les symboles + et – indiquent l'impact des items sur le niveau d'exposition des populations : + indique une surestimation du niveau réel d'exposition et – une sous-estimation. Le nombre de symboles donne une indication subjective de l'ordre de grandeur : + + + indique que ce travail surestime en toute vraisemblance de manière très importante le niveau réel. Lorsque l'effet n'est pas connu, alors les deux symboles - / + apparaissent.

5. Etat des connaissances pour l'évaluation de l'exposition des nourrissons et jeunes enfants

Les enquêtes de consommation CALBAS et ESCAL ne prennent en compte que les individus âgés de 3 ans et plus, la méthode de recueil des consommations alimentaires adoptée pour ces enquêtes n'étant pas adaptée aux nourrissons et jeunes enfants. L'évaluation de l'exposition des enfants de moins de 3 ans peut être scientifiquement approchée par le groupe d'âge le plus proche pour lequel les enquêtes ESCAL et CALBAS fournissent des données de consommation, à savoir les 3 à 5 ans. Ainsi, dans l'attente d'une évaluation plus fine de l'exposition des nourrissons et jeunes enfants, les préconisations de consommation formulées précédemment pour la population générale s'appliquent également à cette catégorie d'âge.

L'évaluation de l'exposition des nourrissons et jeunes enfants requiert l'acquisition de connaissances sur leurs habitudes de consommation ainsi que sur le niveau de contamination qui leur sont spécifiques, en particulier le lait maternel.

5.1 HABITUDES DE CONSOMMATION DES NOURRISSONS ET JEUNES ENFANTS

Une enquête de consommation alimentaire, greffée à l'étude épidémiologique de cohorte mère – enfant « TIMOUN » mise en place par l'INSERM, a pour objectif de mieux caractériser les habitudes de consommation de l'enfant à la naissance, à 3 mois, 7 mois et 18 mois. La phase terrain de l'étude 18 mois, pilotée par l'AFSSA, a démarré en septembre 2006 et se terminera à la fin de l'année 2007, pour une exploitation des résultats en 2008. Elle devrait permettre le recueil de données de consommation d'environ 75 enfants – au 31 juillet 2007, 47 enfants ont été visités – ce qui est tout à fait satisfaisant pour une exploitation à des fins d'évaluation de l'exposition alimentaire.

5.2 NIVEAU DE CONTAMINATION DU LAIT MATERNEL

S'inscrivant dans la problématique de l'exposition aux polluants environnementaux de la femme enceinte et son enfant dans le département de la Guadeloupe, l'étude HIBISCUS, pilotée par l'INSERM U 625 et le Service de Gynécologie – Obstétrique du CHU de Pointe à Pitre, a permis la mesure des niveaux de contamination du lait maternel chez 103 femmes (Multigner *et al.*, 2004).

Les prélèvements ont été réalisés durant les 3 premiers jours suivant la naissance, soit principalement sur du colostrum. Le dosage du chlordécone dans le lait maternel a été réalisé par le Laboratoire d'Ecologie Animale et d'Ecotoxicologie du Centre d'Analyse de Résidus en Trace de l'Université de Liège. Le lait maternel est d'abord lyophilisé. La matière grasse est ensuite extraite avec un mélange de solvants Hexane – Dichlorométhane – Méthanol à 80°C sous pression (ASE). Le solvant est ensuite évaporé. Durant cette étape, la détermination de la quantité de matière grasse est réalisée par pesées successives. Le chlordécone est dosé par GC/ECD. La limite de quantification des méthodes est estimée à 0,12 ng / mL. Seuls 101 prélèvements sur les 103 ont pu être analysés, parmi lesquels 41 sont contaminés au chlordécone. Le tableau 17 décrit les niveaux de contamination mesurés en ng / mL.

En considérant une consommation moyenne journalière de 120 g / kg p. c. de lait maternel pour les nourrissons de 0 à 3 mois, ainsi qu'estimée par l'OMS dans le cadre de ses évaluations du risque (Schutz *et al.*, 1998), l'exposition de nourrisson antillais au chlordécone s'élèverait en moyenne à 0,04 µg / kg p. c. / jour et au 95^{ème} percentile à 0,1 µg / kg p. c. / jour soit respectivement 7% et 21% de la limite tolérable d'exposition chronique. Dans l'état actuel des connaissances, les niveaux de contamination du lait maternel observés dans l'étude HIBISCUS ne semblent pas être de nature à représenter un risque en terme d'exposition chronique et aiguë pour le nourrisson.

Tableau 17 : niveaux de contamination en ng / mL du lait maternel observés dans HIBISCUS

Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons contaminés (%)	LOQ	Contamination moyenne (ensemble des échantillons)	Contamination des seuls échantillons contaminés		95 ^{ème} perc	Max
				Moy	ET		
101	41 (40,6%)	0,12	0,30	0,58	0,58	0,86	2,8

Source : HIBISCUS – Traitement AFSSA

Légende : LOQ : limite de quantification, Moy \pm ET : moyenne et écart-type associé, P95 : 95^{ème} percentile de contamination. La contamination moyenne de l'ensemble des échantillons est estimée en faisant l'hypothèse que l'ensemble des résultats non quantifiés sont au niveau de la limite de quantification .

Cette estimation ne prend pas en compte l'évolution de la teneur en chlordécone dans le lait maternel pendant la durée de l'allaitement. Le protocole de l'étude TIMOUN prévoit le dosage de chlordécone dans des échantillons de lait maternel à 3 mois. Ces résultats, combinés aux données de consommation en cours de recueil, permettront d'évaluer plus finement l'évolution de l'exposition alimentaire du jeune enfant antillais au chlordécone, au fur et à mesure des étapes de diversification alimentaire.

6. Conclusion

L'évaluation de l'exposition aiguë montre que 4 types de denrées peuvent être contaminés à un niveau susceptible de représenter un risque aigu pour la population antillaise : le chou caraïbe, le dachine, la patate douce, les poissons et crustacés d'eau douce, qu'ils soient sauvages ou d'élevage. **Un seuil de contamination maximale des aliments fixé à 50 µg / kg pf pour le dachine, la patate douce et le chou caraïbe, et à 200 µg / kg pf pour les poissons et crustacés d'eau douce permet de protéger intégralement la population antillaise du risque lié à une exposition aiguë.**

Les niveaux de l'exposition chronique de la population estimés dans cette étude sont globalement moins élevés que précédemment évalués par l'AFSSA, mais révèlent une probabilité de dépassement de la limite tolérable d'exposition chronique non nulle chez les populations vivant en zone contaminée, en particulier les enfants. Les produits de la mer et les légumes racines sont les principales denrées contributrices à l'apport total en chlordécone, en raison de leur niveau de contamination. D'autres denrées, tels la banane, le corossol et le concombre, ressortent chez certaines populations, en particulier les enfants, principalement du fait d'une consommation relativement fréquente. En revanche, la tomate, le melon et la viande de poulet, précédemment identifiés comme principaux contributeurs, ne ressortent plus en tant que tels, en raison de niveaux de contamination moins élevés qu'initialement estimés.

La simulation de l'impact des limites maximales sur le niveau de protection de la population antillaise en ce qui concerne le risque chronique lié à l'exposition alimentaire conduit à préconiser l'élargissement de l'application du seuil maximal de 50 µg / kg pf aux choux caraïbes et aux produits de la mer.

Il est souligné que les niveaux déterminés dans le cadre de cette évaluation, s'élevant à 200 µg / kg pf pour les produits d'eau douce afin de protéger la population d'un risque aiguë, et à 50 µg / kg pf pour les principaux contributeurs afin de protéger la population d'un risque chronique, représentent des seuils maximums tolérables de contamination des aliments. **Pour ces denrées, toutes limites maximales inférieures ou égales à ces seuils sont donc protectrices pour le consommateur antillais. Pour les autres denrées susceptibles d'être contaminées mais dont la contribution à l'exposition n'est pas significative compte tenu des niveaux de contamination observés, l'établissement d'une limite maximale n'apparaît pas nécessaire du point de vue strictement sanitaire.**

En considérant une efficacité des limites maximales uniquement sur les produits commercialisés, il apparaît que ces dernières, dans la limite des hypothèses du modèle, ne suffisent cependant pas à protéger l'ensemble de la population. L'étude détaillée des individus à risque révèle que l'essentiel de leur exposition est en réalité due aux apports des produits auto-consommés. Un abaissement des limites maximales s'appliquant aux produits commercialisés, même au niveau le plus faible de 10 µg / kg pf, ne permettrait pas d'aboutir, pour ces personnes, à un niveau d'exposition en deçà de la limite tolérable d'exposition chronique. Ainsi, il semble indispensable d'accompagner les limites maximales de contamination des aliments et les autres mesures de gestion des risques, de préconisations de consommation ciblées sur ces populations à risque.

Compte-tenu des hypothèses des modèles, il ressort qu'une limitation à 2 fois par semaine de la consommation des patates douces, ignames et dachines issus des jardins familiaux contribue à réduire le niveau d'exposition des populations vivant dans les zones contaminées. D'après les enquêtes de consommation ESCAL et CALBAS, plus de la moitié des adultes et plus des trois quarts des enfants des zones contaminées de Martinique et Guadeloupe ont des habitudes alimentaires dans la limite préconisée.

Même en limitant à 2 fois par semaine la consommation des patates douces, ignames et dachines issus des jardins familiaux, certains individus de la zone contaminée ont des niveaux d'exposition dépassant la limite tolérable d'exposition chronique. Ces dépassements sont expliqués par une très forte consommation des produits de la pêche en provenance du circuit court (pêche de loisir, de

subsistance ou achat sur le bord des routes). Une limitation à 4 fois par semaine, soit environ un jour sur deux, permettrait, pour ces individus, de garantir un niveau d'exposition en deçà de la limite tolérable d'exposition chronique. D'après les enquêtes de consommation ESCAL et CALBAS, le taux de personnes vivant en zone contaminée, ne consommant pas plus de 2 fois par semaine des légumes racines issus des jardins familiaux et ne consommant pas plus de 4 fois par semaine des produits de la pêche issus d'une pêche de loisir, de subsistance ou achetés sur les bords des routes, est estimé :

- ✓ entre 45% et 78% selon les groupes d'âge en Martinique,
- ✓ entre 62% et 80% selon les groupes d'âge en Guadeloupe.

Cette évaluation fait ressortir d'importantes différences en terme de risque lié à l'exposition alimentaire au chlordécone entre les zones contaminées et les zones non contaminées. Celles-ci sont principalement liées aux hypothèses protectrices réalisées sur le niveau de contamination des produits auto consommés en zone contaminée, considérés comme systématiquement contaminés. Elles révèlent donc la nécessité de mieux renseigner ce phénomène :

- ✓ caractériser la contamination des aliments issus des jardins familiaux, de manière directe en mesurant les niveaux de contamination de ces produits, ou de manière indirecte, en élargissant autant que possible la cartographie des terres polluées aux jardins de production de subsistance. Des programmes de prévention pour les populations à risque, pilotés par les DSDS de Martinique et de Guadeloupe, ont été établis à cette fin. Ils permettront d'identifier les populations à risque, et d'adapter les préconisations de consommation envers ces populations.
- ✓ caractériser la contamination des produits de la mer et d'eau douce, ainsi que leurs déterminants. Malgré les arrêtés locaux d'interdiction de la pêche côtière et dans certaines rivières contaminées, les enquêtes RESO montrent que des produits de la mer et d'eau douce très contaminés atteignent les circuits de distribution. Une meilleure caractérisation de la contamination des produits et des milieux permettrait d'affiner les zones de pêche et / ou les espèces susceptibles de représenter un risque. Un appui scientifique et technique de l'AFSSA est prévu en ce sens.

En ce qui concerne l'autoproduction et dans l'attente des résultats de ces études et programmes, l'AFSSA maintient donc la préconisation provisoire, pour les familles exploitant un jardin sur un sol contaminé, de limiter leur consommation de dachines, patates douces et ignames provenant du jardin, à deux fois par semaine. Elle rappelle, pour les populations ayant des habitudes de pêche de loisir ou de subsistance, l'importance de respecter les arrêtés d'interdiction de la pêche actuellement en vigueur et, en cas de doute sur l'origine des produits de la pêche, de limiter leur consommation à un jour sur deux. Elle ne formule aucune préconisation pour les autres denrées faisant l'objet d'autoproduction. En ce qui concerne les produits commercialisés, elle insiste sur le fait qu'aucune limitation de consommation n'est préconisée ni pour les produits disponibles sur les marchés, ni pour les produits issus des petite et grande distributions.

Enfin, il convient de rappeler que les nourrissons et enfants de moins de 3 ans ne sont pas pris en compte de manière spécifique dans cette évaluation. Une étude de consommation adaptée à ce groupe d'âge, considéré comme sensible, est actuellement en cours. Cette étude est greffée à l'étude de cohorte mère – enfant TIMOUN, pilotée par l'INSERM en Guadeloupe, dont l'objectif est d'établir l'impact d'une exposition pré et péri natale au chlordécone et autres polluants organiques persistants sur le développement de l'enfant. Concernant la contamination du lait maternel, l'enquête HIBISCUS a permis le dosage du chlordécone dans une centaine d'échantillons prélevés dans les jours suivants la naissance. Les niveaux de contamination observés ne semblent pas être de nature à représenter un risque pour le nourrisson. Des prélèvements complémentaires de lait maternel sont prévus dans le cadre de l'enquête TIMOUN. Combinés aux données de consommation en cours de recueil, ils permettront de caractériser l'évolution de l'exposition alimentaire du jeune enfant antillais au chlordécone pendant la phase de diversification alimentaire. Dans l'attente d'une évaluation plus fine, l'exposition des enfants de moins de 3 ans peut être scientifiquement approchée par le groupe d'âge le plus proche pour lequel les enquêtes ESCAL et CALBAS fournissent des données de consommation, à savoir les 3 à 5 ans. **Aussi, les préconisations provisoires de consommation formulées pour la population générale âgée de plus de 3 ans s'appliquent également aux nourrissons et jeunes enfants.**

7. Remerciements

Nous remercions :

- ✓ Nos partenaires dans la conduite des enquêtes RESO sur le niveau de contamination des aliments au chlordécone en Martinique et Guadeloupe :
Alain Bateau et Dr Philippe Quenel de la Cire Antilles-Guyane (InVS),
Audrey Thieffine et François Bordet du Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur la Qualité des Aliments et Procédés Agroalimentaires (LERQAP, AFSSA),
Hubert Boulanger et Olivier Reilhes de la Direction de la Santé et du Développement Social de Guadeloupe (Ministère de la santé, de la jeunesse et des sports),
pour les échanges sur la méthodologie et leur relecture attentive de ce rapport.
- ✓ L'Institut de Veille Sanitaire (Cire Antilles-Guyane et unité mixte USEN) et l'Observatoire régional de la Santé de Guadeloupe (ORSaG) pour la fourniture des données de consommation des enquêtes ESCAL et CALBAS :
Dr Valérie Deschamp (USEN),
Vanessa Cornely (ORSaG).
- ✓ L'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Unité 625) pour la fourniture des données de contamination du lait maternel de l'étude HIBISCUS et leur relecture attentive de ce rapport :
Dr Luc Multigner,
Dr Sylvaine Cordier.
- ✓ Les équipes du CIRAD et de l'INRA pour leurs conseils dans l'élaboration du plan d'échantillonnage de l'enquête RESO Guadeloupe, leurs informations sur les mécanismes de contamination des aliments :
Magalie Jannoyer
Dr Yves Marie Cabidoche.

Ainsi que la Direction générale de la Santé pour son soutien financier dans la réalisation des enquêtes RESO Martinique, RESO Guadeloupe et TIMOUN.

Le Pôle d'Appui Scientifique et méthodologie à l'Evaluation des Risques,
Fanny Héraud,
Dr Jean-Charles Leblanc,
Jean-Luc Volatier.

La Direction de l'Evaluation des Risques Nutritionnels et Sanitaires,
Marie-Hélène Loulergue

8. Bibliographie

- Achard, R., Caron, A., Nelson, R., Duféal, D. and Chabriet, C., 2004. Etude des modalités de transfert des organochlorés du sol vers les plantes. Rapport d'avancement. Rapport CIRAD (internal document).
- AFSSA, 2003. Avis de l'AFSSA relatif à l'évaluation des risques liés à la consommation de denrées alimentaires contaminées par la chlordécone en Martinique et en Guadeloupe. AFSSA - Saisines n°2003-SA-0330, 2003-SA-0132, 2003-SA-0091, Maisons-Alfort, France, 8 p.
- AFSSA, 2007. Bilan intermédiaire des enquêtes RESO Martinique et Guadeloupe. Note technique AQR/FH/2007-179, 30 juillet 2007, 23 p.
- AFSSA, 2005a. Etat d'avancement de l'exploitation de l'enquête ESCAL pour l'estimation de l'exposition de la population martiniquaise au chlordécone. Note technique OCA/CD/2005-088, 25 mai 2005, 20 p.
- AFSSA, 2005b. Première évaluation de l'exposition alimentaire de la population martiniquaise au chlordécone : propositions de limites maximales provisoires de contamination dans les principaux aliments vecteurs. Rapport AFSSA, Maisons-Alfort, France, 39 p.
- Black, A.E., 2000. The sensitivity and specificity of the Goldberg cut-off for EI:BMR for identifying diet reports of poor validity. *Eur J Clin Nutr* 54, 395-404.
- Bordet, F., Thieffine, A., Mallet, J., Héraud, F., Blateau, A. and Inthavong, D., 2007. In-house validation for analytical methods and quality control for risk evaluation of chlordecone in food. *Environmental Analytical Chemistry*, In press (2007).
- Cabidoche, Y.-M., Clermont Dauphin, C., Lafont, A., Sansoulet, J., Cattan, P., Achard, R., Caron, A. and Chabriet, C., 2006. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles: relation avec les systèmes de culture. Rapport INRA - CIRAD final d'exécution dans le cadre du programme 2003 - 2005 "Evaluation et réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides" du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 100 p.
- CAC, 2005. CCFAC guidelines for exposure assessment of contaminants and toxins in food or food groups. Procedural Manual. Fifteenth edition., p. 114 - 117.
- Codex Committee on Pesticide Residues, 2000. Possibilité d'établir des LMR spécifiques pour les aliments à base de céréales et les préparations pour nourissons. CX/PR00/9. CCPR La Haye, 12 p.
- Desprats, J.-F., Comte, J.-P. and Chabriet, C., 2004. Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés. Rapport BRGM, Phase 3/ RP-53262-FR, 25 p.
- Dubuisson, C., Héraud, F., Leblanc, J.C., Gallotti, S., Flamand, C., Blateau, A., Quenel, P. and Volatier, J.L., 2007. Impact of subsistence production on the management options to reduce the food exposure of the Martinican population to Chlordecone. *Regul Toxicol Pharmacol* 43/1, 5-16.
- EFSA, 2005. Opinion of the PPR Panel related to the appropriate variability factor(s) to be used for acute dietary intake assessment of pesticide residues in fruit and vegetables. Question N°EFSA-Q-2004-124, adopted on 16 February 2005.
- EFSA, 2007. Reasoned Opinion on the potential chronic and acute risk to consumers' health arising from the proposed temporary EU MRLs according to Regulation EC No396/2005 on Maximum Residue Levels of Pesticides in Food and Feed of Plant and Animal Origin. 15 March 2007, 106 p.
- FAO/WHO, 1997. Food Consumption and Exposure Assessment of Chemicals. World Health Organization, Report of a FAO/WHO Consultation Geneva, Switzerland 10-14 February 1997. WHO/FSF/FOS/97.5, 69 p.
- FAO/WHO, 2000. Joint FAO/WHO Workshop on Methodology for Exposure Assessment of Contaminants and Toxins in food. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 7 - 8 June 2000. Document WHO/SDE/PHE/FOS/00.5, 20 p.

- FAO/WHO, 2005. A model for establishing upper levels of intake for nutrients and related substances. Report of the Workshop on Nutrient Risk Assessment. WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 2-6 May 2005, 241 p.
- GEMS/Food-Euro, 1995. Reliable Evaluation of Low-Level Contamination of Food. Report of the Workshop held in Kulmbach, Federal Republic of Germany, 26-27 May 1995., 47 p.
- Herberg, S., Deheeger, M. and Preziosi, P., 1994. SU-VI-MAX. Portions alimentaires. Manuel photos pour l'estimation des quantités. Editions Poly Technica, Paris, France.
- IFREMER, 2002. Bilan ponctuel de la présence et des effets des pesticides en milieu littoral martiniquais en 2002. Publications de l'IFREMER.
- Monti, D., 2005. Etude du niveau de contamination des organismes aquatiques d'eau douce par les pesticides, en Guadeloupe. Rapport DIREN, Guadeloupe, France, 44 p.
- Multigner, L. and Kadhel, P., 2004. Exposition à des polluants environnementaux chez la femme enceinte et son enfant en Guadeloupe. Niveau de chlordécone dans le sang maternel et étude des déterminants de l'imprégnation. INSERM U625 & Service de Gynécologie - Obstétrique CHU Pointe à Pitre, Rapport Final, 35 p.
- Schutz, D., Moy, G. and Käferstein, F., 1998. GEMS/Food international dietary survey: infant exposure to certain organochlorine contaminants from breast milk - a risk assessment. Food Safety Issues. Publication of the World Health Organization. WHO/FSF/FOS/98.4, 32 p.
- Volatier, J.-L., 2000. Enquête INCA individuelle et nationale sur les consommations alimentaires. Editions TEC&DOC, Paris, France.
- WHO, 1997. Guidelines for predicting dietary intake of pesticides residues (revised). Prepared by the Global Environment Monitoring System - Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food) in collaboration with the Codex Committee on Pesticide Residues. WHO Publications. WHO/FSF/FOS/97.7., 31 p.

Page 52 : Annexe 1, données de consommation issues des enquêtes ESCAL et CALBAS

Page 64 : Annexe 2, données d'approvisionnement issues des enquêtes ESCAL et CALBAS

Page 67 : Annexe 3, données de contamination issues des enquêtes RESO Guadeloupe, Martinique

Page 76 : Annexe 4, impact des LM sur le niveau de contamination des aliments

Page 78 : Annexe 5, maximum observés de contamination des aliments