



Office de l'eau Martinique  
7, avenue Condorcet  
97200 Fort de France



DIREN Martinique  
Immeuble Massal  
4 Boulevard Verdun  
97200 Fort-de-France

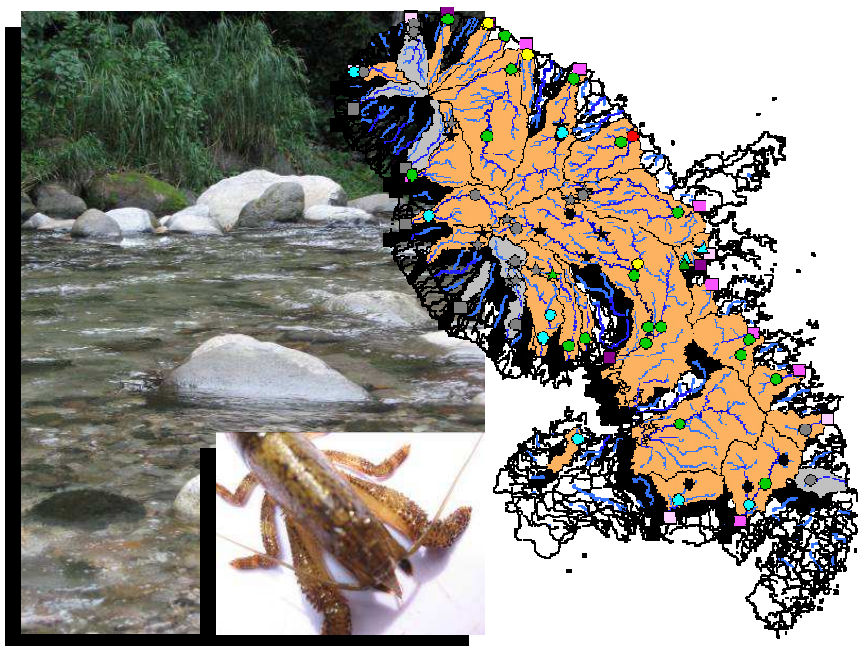


Plan d'Action Chlordécone 2008-2010

## Détermination de la contamination des milieux aquatiques par le chlordécone et les organochlorés

### Rapport final

V3



ASCONIT CONSULTANTS  
Agence Caraïbes

5, les Horizons  
97224 DUCOS  
Tél. 05.96.63 55 78  
Mobile : 06.96.25.54.10

Nicolas.bargier@asconit.com



#### **Principaux Contacts :**

Office de l'eau Martinique :

- Marion LABELLE

Tél. : 05.96.48.40.45

[marion.labeille@eaumartinique.fr](mailto:marion.labeille@eaumartinique.fr)

DIREN Martinique :

- Corinne FIGUERAS

Tél. : 05.96.71.30.05

ASCONIT CONSULTANTS :

- Nicolas BARGIER

Tél. : 05.96.63.55.78

[nicolas.bargier@asconit.com](mailto:nicolas.bargier@asconit.com)

- Catherine DESROSIERS

Tél. : 05.96.63.55.78

[catherine.desrosiers@asconit.com](mailto:catherine.desrosiers@asconit.com)

# Sommaire

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>7</b>
1.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE .....	7
1.2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE .....	8
<b>2. CONNAISSANCES DES CONTAMINANTS ET DES MILIEUX.....</b>	<b>10</b>
2.1. LES MOLECULES ETUDIÉES.....	10
2.1.1. <i>Le chlordécone</i> .....	10
2.1.2. <i>Autres pesticides</i> .....	13
2.2. MILIEU NATUREL .....	16
2.3. MATIERE VIVANTE : POISSONS ET CRUSTACES .....	19
<b>3. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE ET PROTOCOLES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE .....</b>	<b>22</b>
3.1. CHOIX DES SITES D'ÉCHANTILLONNAGE .....	22
3.2. PROTOCOLES DE PRELEVEMENT.....	25
3.2.1. <i>L'eau, les MES et les sédiments</i> .....	25
3.2.2. <i>La matière vivante</i> .....	25
3.3. ANALYSES ET LABORATOIRE .....	29
3.3.1. <i>Les analyses</i> .....	29
3.3.2. <i>Le laboratoire</i> .....	30
<b>4. LA PHASE TERRAIN.....</b>	<b>31</b>
4.1. DATES D'INTERVENTIONS ET HYDROLOGIE .....	31
4.2. LES SITES D'ÉTUDE.....	32
4.3. DETAILS SUR L'ÉCHANTILLONNAGE DE LA MATIERE VIVANTE .....	36
<b>5. RESULTATS.....</b>	<b>38</b>
5.1. CHLORDECONE ET SON SOUS PRODUIT .....	41
5.1.1. <i>Principaux résultats par matrice</i> .....	41
5.1.2. <i>Résultats approfondis : eau, sédiments</i> .....	54
5.1.3. <i>Résultats approfondis : matière vivante</i> .....	59
5.1.4. <i>Effet de l'hydrologie</i> .....	62
5.2. HEXACHLOROCYCLOHEXANE .....	63
5.3. AUTRES MOLECULES : DDT, ALDICARBE, DIELDRINE, GLYPHOSATE, IMAZALIL.....	68
<b>6. EVALUATION DU NIVEAU DE RISQUE SANITAIRE .....</b>	<b>73</b>
6.1. LA FAUNE AQUATIQUE .....	73
6.2. AQUACULTURES.....	77
<b>7. PERSPECTIVES .....</b>	<b>80</b>
<b>8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>83</b>

# Liste des tableaux

Tableau 1. Description et propriétés chimiques du chlordécone (FOOTPRINT, INERIS, Commission Européenne) .....	11
Tableau 2. Valeur de références pour la contamination au chlordécone .....	13
Tableau 3. Description et propriétés chimiques des molécules recherchées autres que le chlordécone (FOOTPRINT, INERIS) .....	15
Tableau 4. Nombre de station par matrice et par campagne .....	23
Tableau 5. Présentation des espèces de rivière étudiée dans le cadre du plan chlordécone .....	27
Tableau 6. Répartition en nombre des types 1 et 2 par campagne et matrice.....	29
Tableau 7. Seuils de quantifications du LDA26 pour les molécules recherchées. ....	30
Tableau 8. Dates d'intervention de chacune des matrices pour les trois campagnes.....	31
Tableau 9. Caractéristiques de l'ensemble des stations du plan chlordécone .....	34
Tableau 10. Répartition du nombre d'espèces prélevés sur les stations et répartition du nombre d'espèces communes entre les stations amont-aval d'une même rivière .....	36
Tableau 11. Pourcentage de résultats $\geq$ au seuil de quantification pour chacune des molécules, sur l'ensemble des campagnes et par matrice. ....	38
Tableau 12. Contamination en chlordécone des poissons et crustacés sauvages et d'élevage, exprimée en percentile 90 calculé à partir de l'ensemble des lots d'une espèce. ....	49
Tableau 13. Résultats pour l'eau selon la position amont-aval sur le cours d'eau .....	55
Tableau 14. Résultats pour les sédiments selon la position amont-aval sur le cours d'eau .....	56
Tableau 15. Résultats détaillés de la contamination au chlordécone des sédiments, pour les bassins versants échantillonnés à plusieurs niveaux.....	56
Tableau 16. Résultats pour l'eau par zone géographique. ....	57
Tableau 17. Résultats pour les sédiments par zone géographique.....	58
Tableau 18. Lien entre contamination de la matière vivante et contamination de l'eau. ....	59
Tableau 19. Résultats pour la matière vivante par position amont-aval sur le cours d'eau .....	61
Tableau 20. Résultats pour la matière vivante par position géographique .....	61
Tableau 21. Contamination moyenne des matrices eau, sédiments et matière vivante aux trois campagnes ..	62
Tableau 22. Résultats moyens des dérivés HCH recherchés pour la matrice eau .....	64
Tableau 23. Résultats des dérivés HCH recherchés pour la matrice sédiments.....	64
Tableau 24. Résultats moyens des dérivés HCH recherchés pour la matrice matière vivante .....	65
Tableau 25. Résultats moyens de la dieldrine, glyphosate, AMPA et imazalil pour la matrice eau .....	69
Tableau 26. Résultats moyens du DDT, de la dieldrine, et de l'imazalil pour la matière vivante .....	69

Tableau 27. Pistes de recherche et d'amélioration des investigations complémentaires à mener dans le cadre du plan chlordécone .....	82
Tableau 28. Informations clés sur la contamination du compartiment hydrobiologique et des matrices associées par le chlordécone (et autres pesticides).....	85
Tableau 29. Tableau synoptique de la contamination par station et par matrice (valeurs exprimées en percentile 90 sur 3 campagnes, lot le plus déclassant pour la matière vivante) .....	86
Tableau 30. Facteurs influençant le niveau de contamination des espèces (Cf. Chapitre 2 et Coat, 2009) .....	87

## Liste des figures

Figure 1. Contamination des cours d'eau de la Martinique par le chlordécone (DIREN, 2008) .....	17
Figure 2. Cartographie statistique de la contamination potentielle des sols par le chlordécone (DIREN, v2. 2007) .....	18
Figure 3. Cycle de vie des espèces étudiées par le plan chlordécone. (adapté de Fievet <i>et al.</i> 2001) .....	19
Figure 4. Réseau trophique des espèces étudiées pour le plan chlordécone, selon le modèle de la rivière Grande Anse en Guadeloupe. (adapté de Coat, 2009) .....	21
Figure 5. Situation géographique des stations du plan chlordécone.....	24
Figure 6. Conditions de prélèvements des MES en octobre 2008 (Madame et Capot) .....	32
Figure 7. Matrices prélevées sur les stations du plan chlordécone .....	35
Figure 8. Nombre de molécule maximum retrouvé par matrice pour les stations de type T1 .....	39
Figure 9. Nombre de molécule maximum retrouvé par matrice pour les stations de type T2 .....	40
Figure 10. Concentrations en chlordécone et son dérivé dans les MES sur les stations prélevées à la première campagne. ....	42
Figure 11. Concentration en chlordécone retrouvées sur les stations d'étude aux trois campagnes d'échantillonnage, sur la matrice eau.....	43
Figure 12. Concentration en chlordécone retrouvées sur les stations d'étude aux deux campagnes d'échantillonnage, sur la matrice sédiments.....	44
Figure 13. Carte de la contamination au chlordécone des matrices eau et sédiments. ....	45
Figure 14. Carte de la contamination au chlordécone 5B hydro des matrices eau et sédiments.....	46
Figure 15. Concentration en chlordécone retrouvées dans chaque lot de matière vivante, par station et aux trois campagnes d'échantillonnage (codes espèces ci-dessus).....	51
Figure 16. Carte de la contamination au chlordécone de la matière vivante. ....	52
Figure 17. Carte de la contamination au chlordécone 5B hydro de la matière vivante.....	53
Figure 18. Carte de la contamination au $\beta$ HCH des matrices eau et sédiments. ....	66
Figure 19. Carte de la contamination au $\beta$ HCH de la matière vivante. ....	67
Figure 20. Carte de la contamination à l'Imazalil des matrices eau et sédiments. ....	71
Figure 21. Carte de la contamination à la dieldrine de la matière vivante. ....	72
Figure 22. Relations entre les niveaux trophiques et leur taux de contamination pour les portions aval des cours d'eau du Nord Atlantique, aux campagnes 2 (C2) et 3 (C3). ....	74
Figure 23. Evolution des concentrations en chlordécone en fonction de la taille des individus chez <i>Macrobrachium faustinum</i> (losanges= saison sèche, cercles=saison humide) (Source Coat, 2009). ....	75
Figure 24. Lien entre concentration en chlordécone dans l'eau et les sédiments au niveau des aquacultures suivies .....	78

## Avertissement aux lecteurs

L'ODE a sollicité l'AFSSA et son Laboratoire National de Référence, ou LNR, afin de valider le jeu de données issu des analyses réalisées sur la matière vivante.

Sur les 330 échantillons, 10% ont fait l'objet de contrôle sur le paramètre « chlordécone » uniquement. Le LNR et le LDA 26, laboratoire mandaté pour l'ensemble des analyses de cette étude, ont été amenés à échanger tout au long de cette phase de validation.

Les conclusions du rapport\* du LNR, disponible auprès de l'ODE, sont présentées à la page suivante. L'élément principal à retenir est que la quantification des échantillons très fortement contaminés, c'est-à-dire supérieur à 1500 µg/kg de poids frais, n'a pas pu être validée avec des conditions acceptable de fiabilité. Toutefois, l'ordre de grandeur des valeurs annoncées au delà de cette limite reste quant à lui acceptable. En outre, le reste du jeu de données, représentant 72% des données, a été validé.

\*

**Résultats des analyses du contrôle qualité portant sur les analyses de chlordécone dans des échantillons d'animaux d'eau douce**, ANSES (regroupement Afssa et Afsset), Unité Polluants Organiques et Pesticides, Frédéric Hommet, Juillet 2010, 11p.

## Résultats des analyses du contrôle qualité portant sur les analyses de chlordécone dans des échantillons d'animaux d'eau douce

### Conclusion :

Le contrôle qualité mis en œuvre par le LNR a permis de valider 72% du jeu de données obtenu par le LDA26, soit les échantillons dont les teneurs en chlordécone vont de 5 µg/kg à 1500 µg/kg de poids frais. La quantification des échantillons très fortement contaminés ( $\geq 1500$  µg/kg de poids frais) n'a pas pu être validée avec des conditions acceptables de fiabilité.

La méthode actuellement utilisée pour l'analyse du chlordécone dans les denrées d'origine animale a été initialement mise au point pour contrôler la contamination des aliments destinés à la consommation humaine. Cette méthode n'a donc pas été validée pour quantifier de très forts niveaux de chlordécone dans les denrées alimentaires (qui sont impropres à la consommation humaine quel que soit le niveau précis de contamination).

Un important travail de préparation d'échantillons et d'adaptation des techniques d'analyses a donc été réalisé conjointement entre le LNR et le LDA26, ce qui a permis d'étendre le niveau de fiabilité des analyses pour les échantillons contaminés jusqu'à 1500 µg/kg de poids frais. Au delà de ces teneurs, des difficultés analytiques provoquent des variations importantes sur les résultats d'un même échantillon. Une méthodologie analytique est actuellement en cours de développement par le groupe de travail chlordécone afin de fiabiliser la quantification du chlordécone dans des échantillons présentant des concentrations très importantes.

L'ensemble de l'échantillonnage est composé de 158 poissons et de 173 crustacés. Ces deux taxons se répartissent de façon sensiblement identique par classe de contamination puisque la moyenne de contamination est de 3784 µg/kg de poids frais pour les poissons et de 1908 µg/kg de poids frais pour les crustacés. On retrouve des échantillons fortement ou faiblement contaminés dans les deux taxons.

Il est à noter que l'ensemble des rivières situées sur le territoire de la Martinique fait l'objet d'un arrêté d'interdiction de la pêche et de la commercialisation des poissons et crustacés. Les échantillons prélevés dans le cadre de cette étude ne sont donc pas représentatifs de la contamination des denrées disponibles pour la consommation humaine, mais reflètent la contamination environnementale du milieu dulcicole<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Les espèces indicatrices de la contamination du milieu ne sont d'ailleurs pas toutes identifiées comme consommables (*Eleotris Perniger*, *Anguilla Rostrata*, *Gobiomorus Dormitor* et *Sycidum sp.* représentent 40% de l'échantillonnage).



# 1. Contexte et objectif de l'étude

## 1.1. Contexte de l'étude

---

Les pesticides de synthèse, tels que les organochlorés, ont fait l'objet d'un usage intensif à partir de 1970 en Martinique. La molécule de chlordécone, utilisée sur les cultures de bananes pour la lutte contre le charançon entre 1970 et 1993, est fortement rémanente et bioaccumulable. Les propriétés physico-chimiques des organochlorés en général, dont leur forte rémanence, en font le principal polluant des écosystèmes terrestres, dulçaquicoles et littoraux à ce jour. Afin d'évaluer l'ampleur de la contamination et les pistes de gestion qui peuvent être envisagées, les pouvoirs publics ont mis en place une planification spécifique.

Le Plan d'Action Chlordécone 2008-2010 pour la Martinique vise à renforcer la connaissance de la contamination des milieux, diminuer l'exposition et mieux connaître les effets sur la santé humaine, assurer une alimentation saine et gérer les milieux contaminés et enfin améliorer la communication et le pilotage des actions.

Le premier volet, « Renforcer la connaissance des milieux », comprend deux actions en lien avec le milieu et la faune aquatique :

- Action 2 : Dresser un bilan des connaissances sur les eaux continentales et littorales et renforcer la surveillance et le dispositif d'observations ;
- Action 5 : Mener un diagnostic de la faune aquatique en eau douce et en mer.

Notons qu'un suivi physico-chimique des cours d'eau mené par la DIREN, puis par l'ODE, existe depuis 1999 sur une vingtaine de stations réparties sur les cours d'eau majeurs, essentiellement au niveau de leur partie aval.

Ainsi, il est donc nécessaire à l'heure actuelle d'étendre le réseau des suivis pour améliorer la connaissance de la répartition spatiale de la contamination par le chlordécone au sein du réseau hydrographique. En effet, connaître la représentation des cours d'eau contaminés et du linéaire concerné est primordial pour comprendre et évaluer le risque de contamination de la faune aquatique. Mais aussi pour gérer les usages tels que pêche en eau douce, prélèvements pour l'irrigation ou l'abreuvement et l'aquaculture, qui peuvent induire un risque sanitaire pour le consommateur et une dissémination de la contamination à des zones initialement non exposées (par l'irrigation).

Par ailleurs, la molécule de chlordécone présente des propriétés physico-chimiques la rendant bioaccumulable et potentiellement bioamplifiable. Des mesures réalisées en Guadeloupe sur des organismes aquatiques confirment une contamination possible des réseaux trophiques à des niveaux importants. Les questions qui se posent sont celles d'un risque éventuel pour le consommateur, du devenir du polluant dans la chaîne trophique et de l'impact éventuel sur la biodiversité.

## 1.2. Objectif de l'étude

---

L'objectif de la présente étude est de connaître la couverture spatiale de la contamination par le chlordécone sur le réseau hydrographique, mais aussi sur la faune aquatique associée. Elle vise aussi à évaluer la contamination sur différents niveaux de la chaîne trophique et le risque sanitaire associé.

Les opérations envisagées au titre des actions 2 et 5 du plan chlordécone visent trois objectifs principaux :

1 - Connaître le niveau de contamination de la faune aquatique sur les bassins versants dont on sait la ressource contaminée.

2 - Préciser la connaissance de la distribution spatiale du polluant dans les bassins contaminés, en cherchant notamment à délimiter la partie indemne. Pour cela, chaque bassin contaminé sera échantillonné au minimum en deux points :

- un point d'échantillonnage aval illustrant une situation d'exposition certaine
- un point d'échantillonnage à l'amont immédiat des parcelles supposées contaminées.
- Sur certains cours d'eau, un ou plusieurs points supplémentaires, positionnés en situation intermédiaire entre les points amont et aval, en fonction d'enjeux particuliers (prises d'eau) et/ou de l'hétérogénéité amont/aval supposée de la contamination.

3 - Prospector de nouveaux bassins versants présentant un enjeu particulier : bassins versant comportant des exploitations aquacoles ou d'importantes prises d'eau pour l'irrigation (>150m<sup>3</sup>/h) ou un enjeu piscicole notable (identifié dans l'étude ODE-DIREN d'état des lieux piscicole) ou une surface importante (>10km<sup>2</sup>) ou une surface significative (>5 km<sup>2</sup>) et une probabilité importante de présenter des sols contaminés.

Les sous-objectifs correspondant à l'action -Diagnostic de la faune sont :

1.1- Déterminer un intervalle de concentrations possibles dans la matière vivante. Pour cela, chaque bassin contaminé sera échantillonné trois fois dans l'année, en période de carême (régime d'exposition chronique) et en période d'hivernage (régime d'exposition maximal) et en deux points :

- un point d'échantillonnage aval illustrant une situation d'exposition certaine (et potentiellement forte mais pas forcément maximale du fait de la dilution possible par des affluents non contaminés et des déplacements importants de la faune aquatique)

- un point d'échantillonnage amont (à l'amont immédiat de la zone supposée contaminée) illustrant une situation d'exposition nulle ou faible (toute la macrofaune aquatique est diadrome c'est-à-dire dévale puis remonte le cours d'eau pour réaliser une partie de son cycle de vie en mer).

1.2- Pouvoir associer à une donnée de contamination de la matière vivante, des données d'exposition pertinentes : concentration dans l'eau, dans le sédiment et sur les matières en

suspension en régime de crue. Pour cela, les échantillons d'eau, de sédiments et de matière vivante seront réalisés aux mêmes endroits et au même moment.

1.3 - Evaluer, à travers les espèces échantillonnées, à la fois un risque sanitaire éventuel et le niveau de contamination de la chaîne trophique. Se donner également les moyens de comparer les stations entre elles pour caractériser l'hétérogénéité géographique de la contamination. Les espèces prélevées seront donc :

- des espèces consommées
- des espèces à faible et fort potentiel de bioaccumulation/bioamplification.
- des espèces communes.

1.4 - Etendre le diagnostic au HCH et dérivés, DDT et dérivés, AMPA, dieldrine et imazalil, aldicarbe et métabolites sulfone et sulfoxyde, ainsi qu'à d'autres molécules présentes dans les milieux aquatiques en Martinique et potentiellement bioaccumulables.

# 2. Connaissances des contaminants et des milieux

## 2.1. Les molécules étudiées

Outre la molécule chlordécone étudiée en priorité, il a été choisi de rechercher d'autres molécules fréquemment retrouvées dans les analyses en Martinique et présentant un caractère rémanent et un potentiel de bioaccumulation important.

Les molécules étudiées sont :

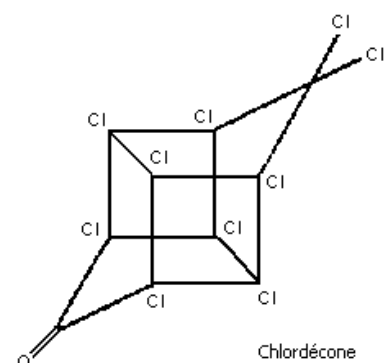
- le chlordécone et son métabolite le chlordécone-5b-hydro ;
- les isomères  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$  de l'hexachlorocyclohexane (HCH) ;
- les isomères 2,4' et 4,4' du dichlorodiphényltrichloroethane (DDT) ;
- l'aldicarbe et ses métabolites aldicarbe sulfone et sulfoxyde ;
- le glyphosate et son métabolite acide aminométhyl phosphonique (AMPA) non recherchés dans la matière vivante ;
- la dieldrine ;
- l'imazalil ;

### 2.1.1. Le chlordécone

#### **Présentation de la molécule**

La molécule de chlordécone appartient à la famille chimique des organochlorés et a comme formule brute  $C_{10}Cl_{10}O$  (Tableau 1). Elle est chimiquement très stable (structure apolaire) et persiste longtemps dans l'environnement : sa demi-vie (DT50) dans le sol varie entre 4 et 46 ans dépendamment des conditions rencontrées.

Ses caractéristiques chimiques démontrent qu'il est à peine mobile ( $\text{Log } K_{oc} = 4,2$ ) c'est-à-dire qu'il reste adsorbé aux



particules du sol et qu'il est fortement soluble dans l'octanol ( $\text{Log } K_{ow}=4,5$ ) ce qui implique qu'il **s'accumule facilement dans les organismes**. Sa faible solubilité dans l'eau (1-3 mg/l) l'emmène dans l'environnement à se partager entre les sols et les sédiments. Il se peut que de petites quantités restent dissoutes dans l'eau.

L'ensemble de ces éléments sont repris dans le tableau suivant.

**Tableau 1. Description et propriétés chimiques du chlordécone (FOOTPRINT, INERIS, Commission Européenne)**

Propriété	Composé	Chlordécone
	Unité	
Formule brute		C10Cl10O
Famille chimique		organochlorés
Nom (s) commercial		Kepone, Curlone, Merex, GC1189, ENT16391
métabolites de dégradation		Chlordecone 5b hydro
Fin de mise sur le marché		1990 (1993)
Poids moléculaire	g/mol	490,6
Solubilité dans l'eau	mg/l	1-3
Point de fusion	°C	
Point d'ébullition	°C	
Log Kow (partage octanol-eau)		4,5
Log Koc (adsorption)		4,2
DT50 (demie vie)	j	1390-16900
CL50 poissons	mg/l	0,02
DJA homme	mg/kg pc/j	
FBC		60000

## Historique de la contamination

La banane, première production agricole de la Martinique, est une culture fragile nécessitant un apport important de pesticides. Le charançon du bananier *Cosmopolites sordidus* est un insecte qui va ronger la base des « troncs » et les racines des bananiers. La lutte contre ce ravageur a impliqué l'utilisation du chlordécone, insecticide organochloré.



Il a été produit et commercialisé aux Etats-Unis sous les noms commerciaux de képone et GC-1189, entre 1951 et 1976. Aux Antilles, le kepone, contenant 5% de chlordécone, a bénéficié d'une autorisation provisoire de vente en 1972. En 1976, les autorités américaines interdisent la commercialisation et la production de kepone suite à un accident dans une usine de production qui a entraîné une pollution importante de l'environnement autour de l'usine et de la James River. La toxicité de la molécule vis-à-vis des organismes vivants a ainsi clairement été observée, même si elle avait été démontrée dès 1969 et avait entraîné des restrictions d'emploi.

En 1979 et 1980, le passage des cyclones Allen et David ravage les cultures de bananes et entraîne la mise en place de conditions propices à la prolifération des charançons. Les professionnels, face à l'épuisement des stocks de kepone, demandent au Ministère chargé de l'agriculture la réintroduction d'un insecticide similaire. En 1981 apparaît donc sur le marché français la spécialité Curlone (Homologation n°8100271<sup>1</sup>) contenant également 5% de chlordécone pour un usage strictement limité à la lutte contre le charançon du bananier (tout autre usage étant formellement interdit).

<sup>1</sup> <http://www.assemblee-nationale.fr/12/rap-info/i2430.asp>

Le curlone a finalement été interdit de mise sur le marché par le ministère de l'agriculture en 1990. Une tolérance quant à sa vente et son usage s'est appliquée, dans un délai légal, autorisant son emploi jusqu'en 1993 dans les bananeraies (seul usage autorisé). Ainsi pendant près de 15 ans, environ 300 tonnes de substance active ont été appliquées sur les cultures de bananes, à raison de 3kg de substance active par hectare et par application.

Notons que la molécule a également été utilisée (hors cadre réglementaire) comme larvicide et comme fongicide, contre la tavelure du pommier et l'oïdium, contre le doryphore, le phytophte des agrumes et les vers fil de fer (larves de taupin) qui attaquent les pommes de terre, le tabac, les glaïeuls et d'autres plantes. Enfin, une autre utilisation non spécifique a été la lutte contre certains insectes tels que les fourmis ou les cafards.

### Cas de la Martinique

La pollution au chlordécone des sols et des eaux de Martinique (et Guadeloupe) a été mise à jour en 1998, alors que le souci de protection de l'environnement et de l'évolution des connaissances a conduit à la recherche dans l'eau d'éventuelles traces de pesticides. Les autorités se sont aperçues que le chlordécone était détecté dans de nombreux prélèvements, et parfois à des concentrations non négligeables.

En 2000, la recherche de la molécule a été réalisée sur plusieurs types de supports afin d'évaluer l'étendue de la contamination au niveau de la chaîne alimentaire. Le chlordécone a été détecté dans les légumes-racines et dans les ressources halieutiques et aquacoles, ce qui révélait un transfert de la contamination depuis le sol et l'eau. La contamination est à partir de là passée d'un problème environnemental à un problème de santé publique.

A la suite de résultats en 1999 mettant en évidence la contamination de plusieurs captages d'eau, le comité de bassin a été réuni par le préfet dans le but d'élaborer un plan d'action qui sera approuvé en 2003. En parallèle est créé le Groupe régional phytosanitaire (GREPHY) qui va jouer un rôle dans la coordination des actions.

Les risques liés à la contamination constituent un enjeu sanitaire, environnemental, agricole, économique et social, qui va être inscrit dans le Plan national santé environnement (PNSE, action n°12). Dans ce contexte, le plan d'action chlordécone Martinique et Guadeloupe 2008-2010<sup>2</sup> est établi en juin 2008. Il définit 40 actions réparties en 4 axes de travail.

## **Textes réglementaires**

L'évaluation des risques à travers l'alimentation se fait par des valeurs de référence qui sont liées à (Tableau 2) :

- la quantité de contaminant retrouvée par kg de produit. La limite maximale (LM), résiduelle (LMR) ou totale (LMT) est fixée pour le chlordécone par l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). Chaque type de denrée alimentaire possède sa propre LM. Les LM concernant les eaux de consommation humaine et les poissons et crustacés seront utilisées pour l'interprétation des résultats ;
- la quantité de contaminant pouvant être ingérée par kg de poids corporel par jour. Elle est définie par la valeur toxicologique de référence (VTR) avec une limite tolérable d'exposition répétée appelée VTR chronique et une limite d'exposition aiguë

---

<sup>2</sup> Plan d'action Chlordécone en Martinique et en Guadeloupe, 2008-2010. Juin 2008. Direction générale de la sante, coordination interministérielle chlordécone.

correspondant à la VTR aiguë. Les valeurs ont été définies par l'AFSSA à partir des doses maximales pour lesquelles aucun effet néfaste n'est observé chez l'animal (NOAEL) en appliquant un facteur de sécurité tenant compte des incertitudes scientifiques et de l'extrapolation de l'animal à l'homme (BASAG, 2006<sup>3</sup>). Un synonyme de la VTR est la dose journalière admissible (DJA) ou l'Acceptable Daily Intake (ADI) qui représente une estimation de la dose pouvant être absorbée durant toute la vie sans risque appréciable pour la santé.

**Tableau 2. Valeur de références pour la contamination au chlordécone**

Cible		Valeur
Homme	VTR chronique	0,5 µg/kg p.c./j (AFSSA <sup>4</sup> )
	VTR aiguë	10 µg/kg p.c./j (AFSSA)
Légumes à risque	LMR	50 µg/kg poids frais (Arrêté interministériel <sup>5</sup> )
Légumes autres	LMR	200 µg/kg poids frais (Arrêté interministériel)
Poissons, produits à base de poisson, crustacés, mollusques et autres produits de la pêche en mer et en eau douce	LMR	20 µg/kg de poids frais (Arrêté 30 juin 2008 abroge arrêté 5 octobre 2005 <sup>6</sup> )
Eaux de consommation humaine	LMR	0,1 µg/l pour un pesticide ou 0,5 µg/l pour total pesticides (Décret <sup>7</sup> )

Il n'y a pas de normes définies spécialement pour le chlordécone-5b-hydro, métabolite de dégradation du chlordécone. En l'absence de valeurs plus adaptées, les mêmes normes lui seront appliquées.

## 2.1.2. Autres pesticides

Les autres pesticides étudiés, comme cité plus haut, sont l'aldicarbe, l'imazalil, la dieldrine, le DDT, le glyphosate et le lindane ( $\gamma$ -HCH).

La molécule qui a le  $\log K_{ow}$  le plus élevé (Tableau 3), donc qui s'accumule le plus fortement dans les organes est le DDT. Au contraire, le glyphosate a un  $\log K_{ow}$  négatif ce qui le rend relativement soluble dans l'eau.

Mis à part l'aldicarbe, l'ensemble des molécules ont un  $\log K_{oc}$ , ou coefficient d'adsorption aux particules du sol, très élevé. La tendance serait donc de les retrouver plus dans les sédiments que dans l'eau.

<sup>3</sup> BASAG, 2006. Pesticides organochlorés aux Antilles. N°6. Pp 10.

<sup>4</sup> AFSSA, 2005. Première évaluation de l'exposition alimentaire de la population martiniquaise au chlordécone. Propositions de limites maximales provisoires de contamination dans les principaux aliments vecteurs. Pp 40.

<sup>5</sup> Arrêté interministériel du 10 octobre 2005 relatif à la teneur maximale en chlordécone.

<sup>6</sup> Arrêté du 30 juin 2008 relatif aux limites maximales applicables aux résidus de chlordécone que ne doivent pas dépasser certaines denrées alimentaires d'origine végétale et animale pour être reconnues propres à la consommation humaine.

<sup>7</sup> Décret n°2011-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles.

Les molécules les plus toxiques pour les organismes, dans la mesure où leur facteur de bioconcentration est élevé, sont le DDT et la dieldrine. Ce sont également ces molécules qui ont la demi-vie la plus longue.

La valeur de référence pour l'eau applicable à ces molécules est la LMR à 0,1 µg/L donnée dans le tableau précédant.

Il n'y a pas de valeur de référence pour les poissons / crustacés et les sédiments.



**Tableau 3. Description et propriétés chimiques des molécules recherchées autres que le chlordécone (FOOTPRINT, INERIS)**

	Composé	Aldicarbe	Imazalil	Dieldrine	DDT	Glyphosate	Lindane ( $\gamma$ -HCH)
Propriété	Unité						
Formule brute		C7H14N2O2S	C14H14Cl2N2O	C12H8Cl6O	C14H9Cl5	C3H7NO5P	C6H6Cl6
Famille chimique		Carbamate	Imidazole	Organochloré	Organochloré	Amino-phosphonate	Organochloré
Nom (s) commercial		Temik 10G, Cardinal	Bromazil, Deccoziil, Fungaflor..	Alvit, HEOD, composé 497..	DDT,Dicophane, Chlorophénothane..	Round Up	
métabolites de dégradation		aldicarbe sulfoxyde, aldicarbe sulfone			DDT-2,4', DDT-4,4'	AMPA	$\alpha$ , $\beta$ , $\delta$ , $\epsilon$ -HCH
Fin de mise sur le marché		déc. 2007	autorisé	oct.1992	1973	autorisé	1988
Poids moléculaire	g/mol	190,3	297,2	380,9	354,5	168,07	290,84
Solubilité dans l'eau	mg/l	4900-6000	22,4-1400	0,186	0,006	12000	8,52
Point de fusion	°C	99	50	175	109	230	112,9
Point d'ébullition	°C	< 100	367	385	185	200	323,4
Log Kow (partage octanol-eau)		1,15	3,82	3,7	6,91	-3,22	3,69
Log Koc (adsorption)		1,48	3,71	4,08	5,18	4,34	3,04
DT50 (demie vie)	j	30	120-190	800-2000	6200	3-174	121
CL50 poissons	mg/l	0,56-1,37	2,5-3,2	8-16	0,008-7	8,2-140	0,0029
DJA homme	mg/kg pc/j	0,003	0,025	0,0001	0,01	0,3	0,003
FBC		42	64-170	3300-14500	1000-1000000	0,5	631-1300

## 2.2. Milieu naturel

---

Les compartiments du milieu naturel qui seront étudiés au cours de la présente étude sont l'eau de surface, les sédiments des cours d'eau, les matières en suspension et le biote. Ces éléments sont liés entre eux et dépendants de la dynamique des cours d'eau.

La contamination du sol par les pesticides va être à l'origine de la présence de ces derniers dans le réseau hydrologique, via le lessivage du sol lors des précipitations.

Les cours d'eau de la Martinique sont de types torrentiels, avec un temps de réponse très court face aux précipitations.

La zone nord jusqu'à la plaine du Lamentin se caractérise par un relief important. L'écoulement est de type rapide/cascade à l'amont puis rapide/plat lotique à l'aval. Les observations pour cette zone sont donc que :

- les sédiments sont peu présents ou uniquement au niveau des faciès plus lents où un dépôt est possible ;
- lors de précipitations, le transport des matières en suspension dans l'eau provenant du lessivage du sol et/ou de la remise en suspension des sédiments se fait rapidement vers l'aval.

Les zones de la plaine et du Sud sont formées de mornes à relief modéré et d'espaces peu pentus. Le substrat dominant est plus variable, il peut s'agir de blocs mais aussi d'un mélange pierre-galet/sable en fonction de la position amont/aval. Les écoulements sont partagés entre rapide et lent. Les caractéristiques de cette zone sont :

- des conditions plus favorables au dépôt de sédiments,
- lors de précipitations, le transfert de l'amont vers l'aval de la matière en suspension dans l'eau est progressif. Le cours d'eau retrouve son état initial en quelques jours.

Le chlordécone dans l'environnement **se lie fortement aux matières organiques présentes dans l'eau, dans les sédiments et le sol**. Adsorbé sur des particules en suspension dans des eaux de surface, il peut être transporté sur de grandes distances avant de se déposer avec le sédiment. Dans le sol et les sédiments, il se dégrade essentiellement par **biodégradation anaérobie** –microorganismes agissant en absence d'oxygène- (UNEP, 2006<sup>8</sup>). La dégradation par photolyse et la biodégradation aérobie sont également possibles mais sont des processus très longs. Le processus de la dégradation bactérienne n'est pas complet et mène à l'obtention de monohydrochlordécone et de dihydrochlordécone (US ATSDR, 1995<sup>9</sup>).

Le réseau de mesure des eaux superficielles mis en place entre 1999 et 2006 par la DIREN sur les principaux bassins versants de l'île permet d'avoir un suivi de la contamination des eaux de rivière (Figure 1). Les résultats révèlent que 27 des 31 bassins versants suivis sont contaminés par le chlordécone. Les plus hauts taux de contamination sont retrouvés aux

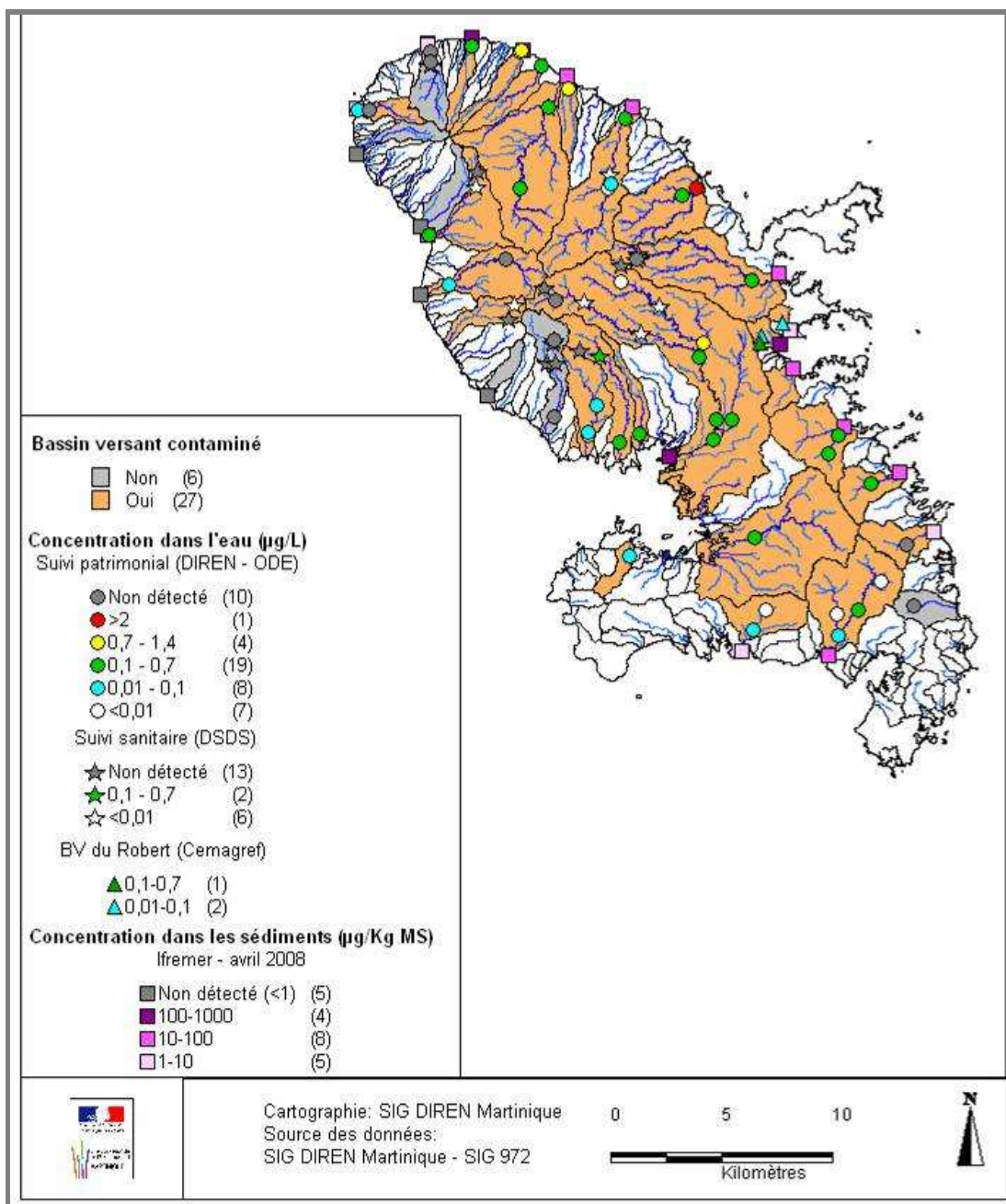
---

<sup>8</sup> UNEP, 2006. Rapport du Comité d'étude des polluants organiques persistants sur les travaux de sa deuxième réunion. Additif : Descriptif des risques liés au chlordécone. Pp 32.

<sup>9</sup> US ATSDR, 1995. Toxicological profile for mirex and chlordecone. Pp.333.

stations aval de la rivière Rouge et de la rivière Sainte-Marie (Nord Atlantique), avec une valeur maximale de 4,4  $\mu\text{g/l}$  (Annexe 1). Le suivi dans le temps des stations ne semble pas mettre en avant un phénomène de décontamination du milieu. **Un suivi de la contamination des sédiments serait peut être plus révélateur étant donné la faible solubilité dans l'eau de la molécule.** La comparaison des résultats entre carême et hivernage démontre en moyenne une plus forte contamination des eaux en hivernage, qui peut s'expliquer par une plus forte probabilité de retrouver des eaux chargées de matières en suspensions.

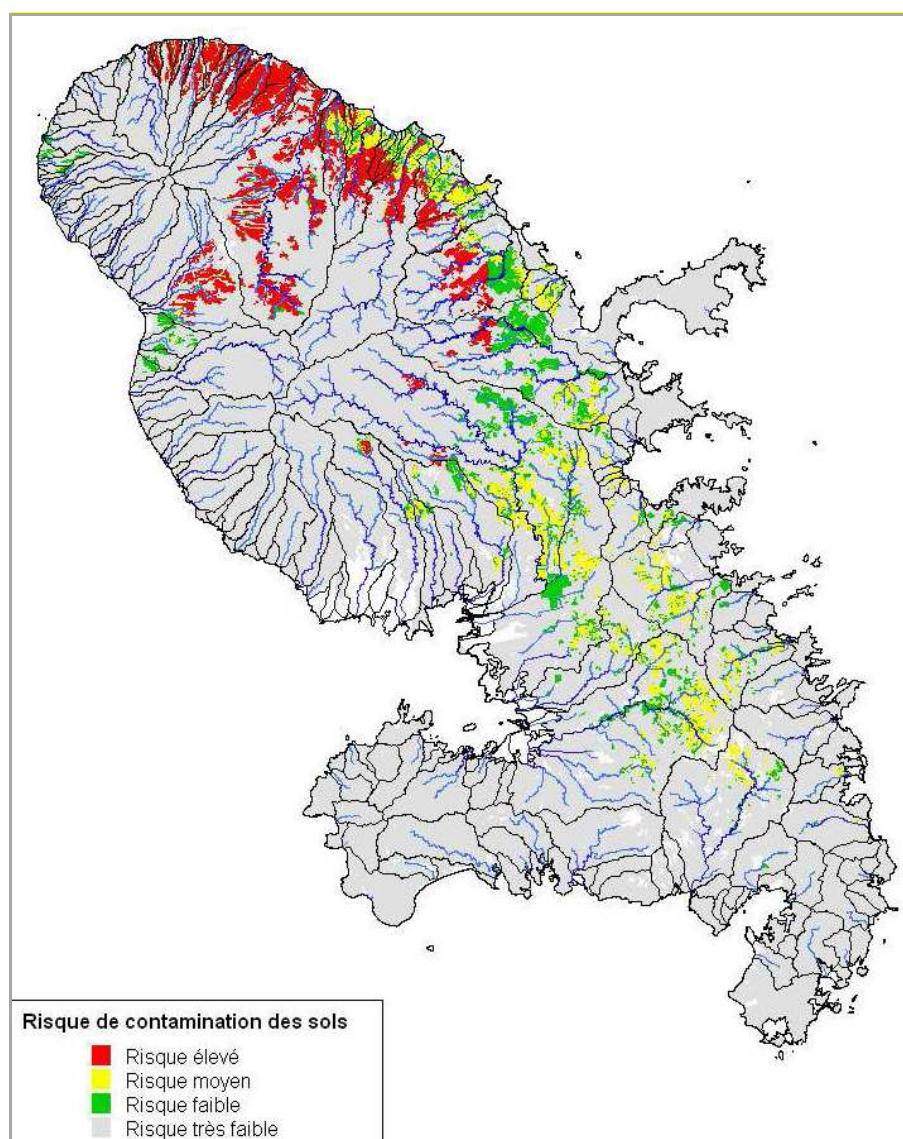
Figure 1. Contamination des cours d'eau de la Martinique par le chlordécone (DIREN, 2008)



Sur commande de la DIREN, le BRGM a réalisé en 2004<sup>10</sup> un plan d'échantillonnage des sols qui a conduit à l'élaboration d'une carte de contamination des sols par le chlordécone (Figure 2). Celle-ci amène à constater la forte contamination de la zone nord Atlantique avec des teneurs supérieures à 1000 µg/kg et la contamination plus modérée de la zone centre-sud avec des teneurs variant de 100 à 1000 µg/kg.

Les types de sols ont des capacités de rétention différentes de la molécule : celle-ci sera retenue quatre fois plus par les andosols que pas les sols argileux (Cabidoche *et al.*, 2004<sup>11</sup>). Seul le lessivage permettrait la décontamination progressive des sols.

**Figure 2. Cartographie statistique de la contamination potentielle des sols par le chlordécone (DIREN, v2. 2007)**



<sup>10</sup> BRGM. 2004. Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés-Rapport phase 3 : Synthèse. Pp 18

<sup>11</sup> Cabidoche, Y.-M., Clemon-Dauphin, C., Cattan, Achard, R., Caron, A., Chabrier, C. 2004. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : Relation avec les système de cultures, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)-CIRAD, Département Fhor. 52 p.

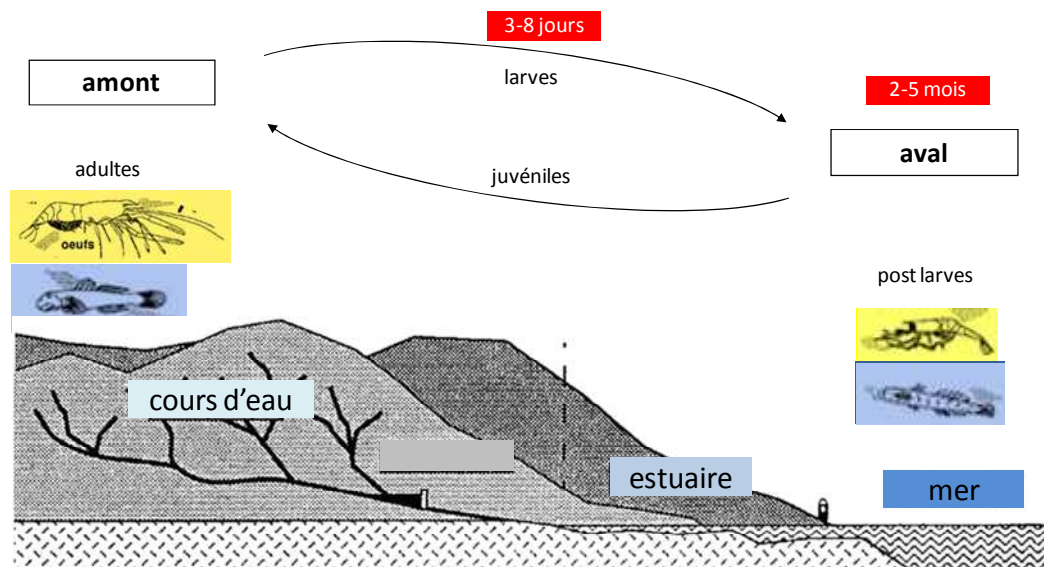
## 2.3. Matière vivante : poissons et crustacés

L'ensemble des espèces inventoriées pour l'étude sont des espèces dont le cycle de vie est partagé entre les rivières et le milieu marin : la ponte des œufs a lieu en rivière, les larves naissent en rivière et sont entraînées par le flux jusqu'à la mer, puis les stades post-larve et juvénile se déroulent en milieu salé ou saumâtre (Figure 3). Les juvéniles recolonisent les rivières après 2 à 5 mois de croissance.

Seul le cycle de l'anguille fait exception dans le sens où les adultes vont migrer en mer pour se reproduire.

La zone saumâtre, à la rencontre de la mer et de la rivière, apparaît comme un lieu de vie qui va jouer un rôle important dans le cycle de vie des espèces. C'est à ce niveau que le mode alimentaire des espèces devient dépendant du milieu extérieur et de là que commence la remontée des juvéniles vers leur milieu de vie permanent : la rivière.

Figure 3. Cycle de vie des espèces étudiées par le plan chlordécone. (adapté de Fievet et al. 2001<sup>12</sup>)



Les zones d'embouchures sont les portions de rivière les plus impactées par la contamination et la pollution puisqu'elles reçoivent l'ensemble des éléments drainés par le bassin versant.

La contamination d'une espèce aquatique peut se produire de diverses manières :

- le passage du contaminant du milieu environnant vers l'organisme par diffusion à travers la peau, la carapace ou les branchies, ou adsorption cutanée.

<sup>12</sup> Fievet, E. , Doledec, S. & Lim, P. 2001. Distribution of migratory fishes and shrimps along multivariate gradients in tropical streams. Journ. Fish.Biol. 59:390-402.

Il s'agit dans ce cas de bioconcentration. **Le facteur de bioconcentration** (BCF) permet de mesurer le transfert de la contamination du milieu abiotique (eau, sol, sédiment) au milieu biotique (organismes). Il se définit par l'accumulation par l'organisme de substances à une concentration supérieure à celle mesurée dans le milieu.

$$BFC = [\text{Organisme}] / [\text{Milieu abiotique (eau, sol)}]$$

Dans le cas du chlordécone, le passage de la molécule du milieu abiotique au milieu biotique est important du fait de son caractère fortement lipophile ( $\log K_{ow}$  élevé). Le  $\beta$ -HCH s'avère également fortement lipophile.

- l'alimentation. L'ingestion de ressources contaminées va constituer une voie d'entrée du contaminant dans l'organisme. On parle de bioaccumulation et de bioamplification.

**La bioaccumulation** au sein d'un organisme apparaît lorsque les quantités de substances entrées sont supérieures aux quantités éliminées.

En ce qui concerne le chlordécone, la concentration dans l'organisme (animal) s'effectue initialement dans le foie, puis dans le système nerveux, les reins et les graisses de soutien (ATC, 2005<sup>13</sup>). Les métabolismes d'élimination de la molécule sont mal connus, mais il semblerait qu'ils soient quasi-inexistants. Chez les crustacés et les poissons, il a été démontré que l'élimination est de 30-50% au bout de 24 à 28 jours sans exposition (IPCS, 1984<sup>14</sup>). De ce fait, la bioaccumulation au sein des organismes est élevée. Il a été démontré (Bahner et al., 1977<sup>15</sup>) que l'accumulation du chlordécone au sein d'une chaîne alimentaire estuarienne peut avoir lieu à partir de concentrations dans le milieu aussi faible que 0,023  $\mu\text{g/l}$ .

**La bioamplification** ou biomagnification traduit l'augmentation des concentrations de contaminants tout au long de la chaîne alimentaire. Du fait de sa très faible élimination par les organismes, le chlordécone possède un potentiel de bioamplification élevé.

Le régime alimentaire des espèces rencontrées dans les cours d'eau de l'île (Figure 4) est un élément auquel il faut s'intéresser afin de comprendre les mécanismes de transfert des pesticides dans la chaîne alimentaire.

Les espèces en début de chaîne trophique sont le poisson *Sicydium sp.* et les crevettes du genre *Atya sp.* Les premiers vont brouter le biofilm et les algues se trouvant à la surface du substrat. Quand aux crevettes, elles vont balayer le substrat avec leurs appendices buccaux et également filtrer les particules organiques se trouvant dans la colonne d'eau.

Le second maillon est occupé par les organismes omnivores, qui vont avoir une alimentation variée en fonction de ce qui est disponible dans le milieu. Ce sont les crevettes du genre *Macrobrachium sp.* et le poisson *Eleotris perniger* qui peuvent consommer des crevettes et des poissons en plus des aliments végétaux et de la matière organique en suspension. Le mulot de rivière *Agonostomus monticola* et le tilapia *Oreochromis mossambicus*, non représentés sur la figure, sont également omnivores avec une alimentation composée principalement d'insectes mais aussi d'algues, de crustacés et de poissons.

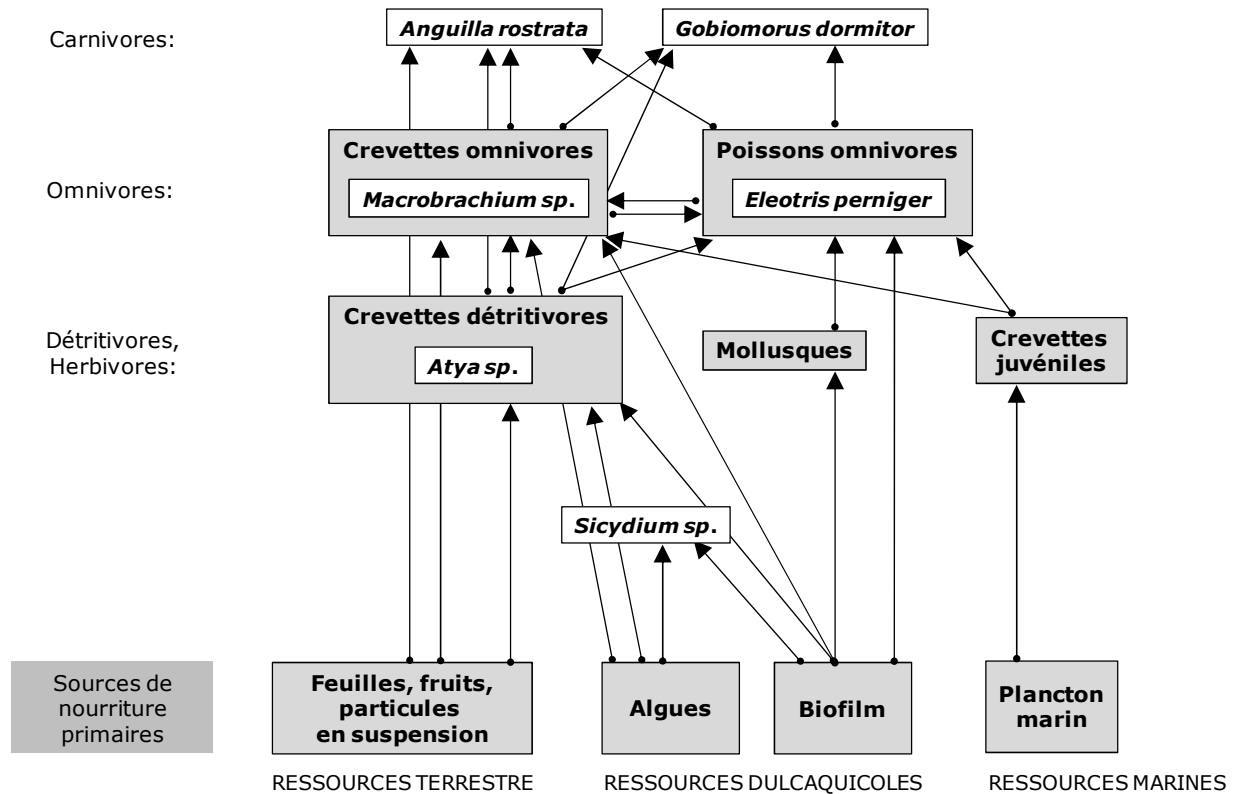
<sup>13</sup> Association toxicologique-CNAM. 2005. Fiche toxico ecotoxicologique chimique N°3. Pp 7.

<sup>14</sup> IPCS, 1984. Environmental Health Criteria 43: Chlordécone.

<sup>15</sup> Bahner, L.H., Wilson, A.J., Sheppard, J.M., Patrick, J.M., Goodman, L.R. & Walsh, G.E. 1977. Kepone bioconcentration, accumulation, loss, and transfer through estuarine food chains. Chesapeake Sci., 18:299-308.

Le troisième maillon est composé des poissons carnivores qui sont ici représentés par *Anguilla rostrata* et *Gobiomorus dormitor*.

**Figure 4. Réseau trophique des espèces étudiées pour le plan chlordécone, selon le modèle de la rivière Grande Anse en Guadeloupe. (adapté de Coat, 2009<sup>16</sup>)**



Quelques voies de décontamination existent pour permettre aux organismes d'éliminer les contaminants accumulés. L'efficacité de la décontamination varie en fonction des propriétés de la molécule, selon qu'elle soit biodégradable, lipophile, etc. Les voies possibles sont :

- la biodégradation par les mécanismes biochimiques de l'organisme ;
- l'excrétion par les fèces ;
- le transfert via les œufs et la mue. Les molécules organochlorés sont très persistantes et plusieurs études ont mis en évidence qu'il s'agissait des deux voies de décontamination possibles.

Le niveau de contamination de crevette *Palaemonidea* vivant dans un milieu contaminé au chlordécone semble être stable au cours du temps (augmentation en taille des individus). Ceci laisse penser que les mécanismes de décontamination ainsi que la dilution par la croissance pallient la constante bioaccumulation liée aux contaminants présents dans le milieu.

<sup>16</sup> Coat, S. 2009. Identification du réseau trophique de rivière et étude de sa contamination par les pesticides organochlorés (chlordécone et  $\beta$ -HCH) en Guadeloupe. Thèse de doctorat, UAG.

# 3. Plan d'échantillonnage et protocoles de prélèvement et d'analyse

## 3.1. Choix des sites d'échantillonnage

---

Le choix des sites d'échantillonnage s'est fait de manière à répondre aux objectifs décrit dans la partie précédente.

La contamination est recherchée sur l'eau et la matière vivante pour répondre aux actions 2 et 5 du plan chlordécone, et également sur les sédiments et la matière en suspension (MES) puisque les molécules ciblées ont une forte capacité d'adsorption à la matière organique.

Les **bassins versants échantillonnés sont au nombre de 36** (Figure 5). Le choix s'est porté sur des bassins versants connus comme : étant déjà contaminés ; présentant des captages d'eau pour l'agriculture d'un débit autorisé supérieur à 150 m<sup>3</sup>/h ; ayant un captage d'eau pour une aquaculture en activité sur son cours ; n'ayant ni donnée, ni captage et dont la surface est supérieure à 10 km<sup>2</sup> ; étant d'une surface entre 5 et 10 km<sup>2</sup> et dont la contamination de l'eau n'est pas connue mais soupçonnée puisque situé sur des parcelles à risque vis-à-vis de la contamination du sol (Bocaly, 2008<sup>17</sup>).

Après cette première étape visant à déterminer les bassins versants à prélever, la suivante porte sur le positionnement et le nombre de stations sur chaque bassin versant. **Le nombre total de stations varie entre 87 et 88** (Tableau 4).

---

<sup>17</sup> Bocaly, M. 2008. Définition d'un programme d'échantillonnage améliorant la connaissance de la contamination des cours d'eau de la Martinique par le chlordécone. Mémoire de Master, Université Victor Segalen. DIREN Martinique. Pp 71.



Le nombre de stations de prélèvement à chaque campagne pour les différentes matrices, est donné dans le tableau suivant :

**Tableau 4. Nombre de station par matrice et par campagne**

Matrice	Campagne octobre	Campagne février	Campagne mai
Eau	88	87	87
Matière en suspension	7	-	-
Sédiments	-	42	50
Matière vivante	42	41	41

Sur l'ensemble des stations, 10 sont des stations de prélèvement en aquaculture dont la position, donnée par la DSV, correspond au point d'alimentation dans le milieu naturel des bassins d'élevage. Contrairement aux autres bassins versants, ceux concernés par ces stations ne sont généralement pas couverts en trois points (amont, intermédiaire, aval).

Les stations situées sur un même bassin versant ont dans la mesure du possible été prélevées le même jour pour une même matrice. En ce qui concerne les MES, les prélèvements étant dépendants des épisodes pluvieux, ils ont été réalisés avec un décalage par rapport au reste des prélèvements de la campagne.

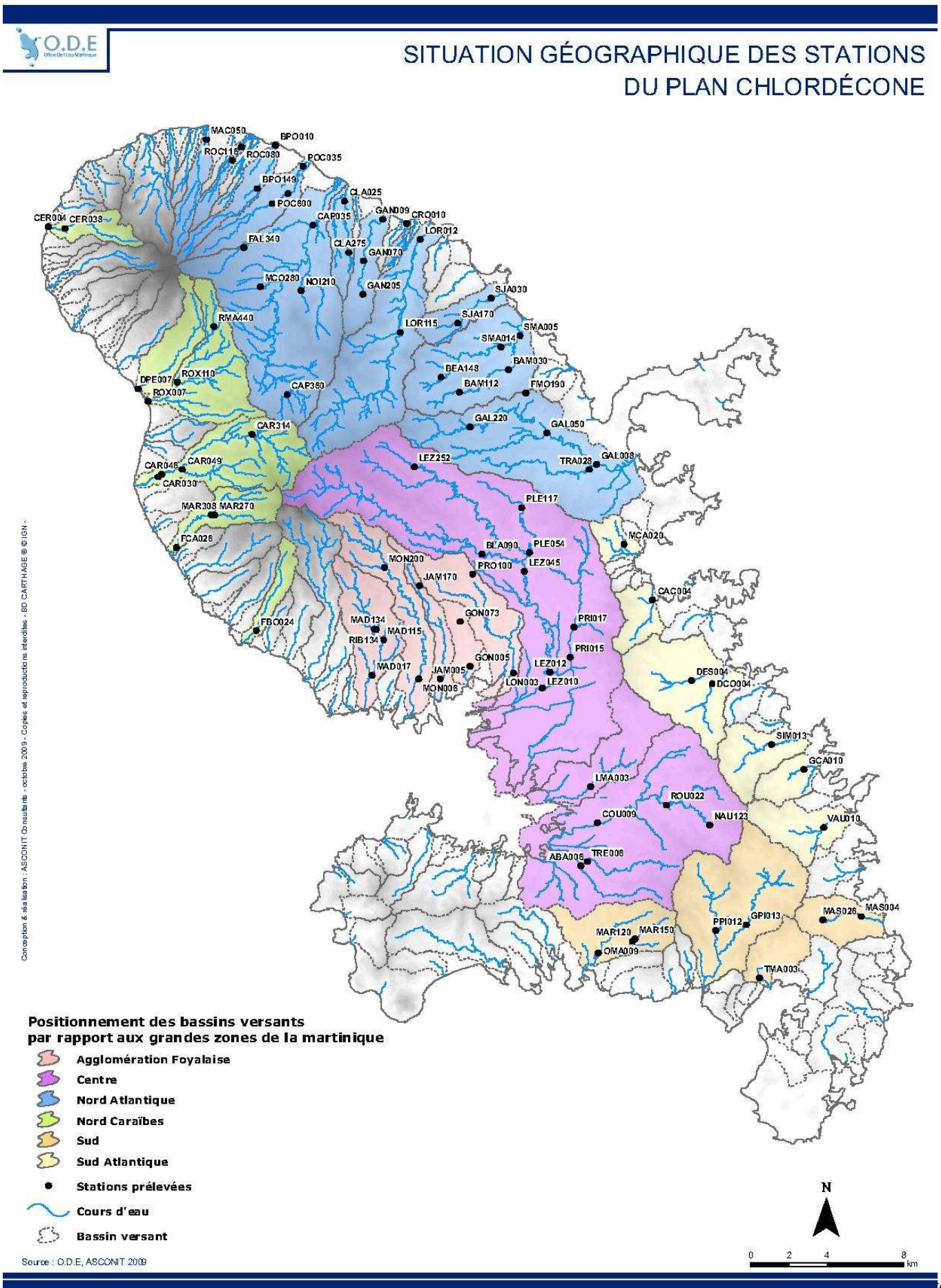
Tous les bassins versants répertoriés comme étant contaminés, même à faible niveau, par le chlordécone, sont échantillonnés. Sont cependant exclus 6 bassins versants : deux dont la surface est inférieure à 5 km<sup>2</sup>, trois suivis par le CEMAGREF et un dont les données actuelles ne montrent plus de contamination. Au final, **22 bassins versants sont prélevés en matière vivante.**

Toutes les stations prélevées en matière vivante le sont aussi en eau. Le positionnement des stations s'est fait de manière à identifier s'il y a ou non des différences amont-aval au niveau de la contamination des organismes, liées à un taux d'exposition à la molécule qui n'est pas le même entre les deux zones. Sur chacun des bassins versants choisis, il y a donc une station amont et une station aval qui correspondent au même emplacement que celles définies pour l'eau/sédiment/MES. Dans quelques cas présentant des difficultés d'accès, la station amont est abandonnée ou remplacée au niveau intermédiaire. Il y a ainsi **41 stations de prélèvement matière vivante.**

Pour une question de logistique, les prélèvements de matière vivante ont été effectués de façon groupée, et il en a été de même pour l'eau et les sédiments. Il y a donc un décalage (n'excédant pas 14 jours entre les deux séries) entre les prélèvements de matière vivante et d'eau/sédiments. Cependant, une attention particulière a été portée sur le respect de conditions hydrologiques proches lors de la réalisation des deux séries de prélèvements.

La carte suivante présente la localisation des stations ainsi que les bassins versants concernés par les prélèvements.

Figure 5. Situation géographique des stations du plan chlordécone.



## 3.2. Protocoles de prélèvement

### 3.2.1. L'eau, les MES et les sédiments

L'échantillonnage de ces matrices a été réalisé selon le protocole décrit dans la norme française NF EN 25667 (ISO 5667) et selon le guide technique pour « Le prélèvement d'échantillons en rivière – Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques » (Agence de l'eau Loire Bretagne & Gay Environnement, 2006). Cf Annexe 2.

Le transport, la stabilisation et le stockage des échantillons ont été réalisés dans un matériel approprié (flacon en verre pour tous les paramètres ou polypropylène pour l'AMPA) conformément aux prescriptions de la norme ISO 5667-3 et/ou des recommandations du laboratoire responsable des analyses (LDA26).

Pour les MES, l'eau a été prélevée en condition de crue lorsque la charge en matières en suspension était importante.

### 3.2.2. La matière vivante

Conformément aux prescriptions du cahier des charges, le protocole de prélèvement de l'ichtyofaune est issu des préconisations de la **norme NF EN 14011** (échantillonnage des pêches à l'électricité).

La pêche a été réalisée de manière à obtenir la meilleure probabilité de capture des espèces désirées.

Les espèces ciblées sont (Tableau 5) :

Niveau de priorité	Espèces prélevées	Espèce commune	Espèce consommée	Espèce à risque fort
1	<i>Macrobrachium faustinum</i>	X	X	X
	<i>Atya innocous*</i>	X	X	
	<i>Aqonostomus monticola</i>		X	X
2	<i>Macrobrachium crenulatum</i>	X	X	X
	<i>Atya scabra*</i>	X	X	
	<i>Eleotris perniger</i>			X
3	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	X	X	X
	<i>Macrobrachium acanthurus</i>		X	
	<i>Gobiomorus dormitor, Anquilla rostrata,</i>	X		
4	<i>Macrobrachium carcinus</i>		X	X
	<i>Sicydium sp.</i>			
	<i>Oreochromis mossambicus</i>			

\*La priorité donnée à *Atya innocous* est arbitraire. On choisira l'espèce la plus commune des deux.

NB : le tableau se lit par priorité et par ligne : si l'espèce de la ligne 1 en priorité 1 est absente ou pas assez abondante, l'espèce de la ligne 1 en priorité 2 est retenue.

Les individus capturés ont été triés de manière à garder 3 espèces, parmi lesquelles se trouvent au moins une espèce de crustacé et une espèce de poisson, selon :

- la meilleure probabilité de capture sur la station, de manière à obtenir pour un minimum de 3 individus un poids de :
  - minimum 200g de matière vivante pour l'espèce la plus abondante,
  - minimum 100g pour l'espèce moyennement abondante
  - minimum 70 g pour les espèces peu abondantes;
- le niveau de priorité établi ;
- la taille importante des individus et leur intérêt pour la consommation humaine.

**NB :** A noter que l'objectif initial inscrit au cahier des charges de prélever 200g minimum par taxon, s'est rapidement révélé difficilement opérationnel pour 2 des 3 taxons. En effet, l'atteinte de cet objectif augmentait sensiblement le linéaire de cours d'eau à couvrir et ceci en un temps considérable (supérieur à 2H30 par station). Ce mode opératoire aurait eu un impact lourd sur la durée de la campagne pour un gain analytique a priori négligeable.

Pour les crustacés, seuls les individus adultes et non grainés ont été prélevés afin que les échantillons soient homogènes et qu'il n'y ait pas un facteur supplémentaire à analyser. Chaque individu a fait l'objet d'une mesure de taille afin d'homogénéiser les lots d'espèces en terme d'exposition au chlordécone.

**Tableau 5. Présentation des espèces de rivière étudiée dans le cadre du plan chlordécone**



- AIN/ASC : *Atya sp.* /Bouc
- Famille des Atyidae
- Habitat : zone de courant sur fond rocheux
- Régime alimentaire : détritivore



- MCA : *Macrobrachium carcinus* /Z'habitant
- Famille des Palaemonidae
- Habitat : zones calmes ou rapide dans des abris rocheux
- Régime alimentaire : omnivore



- MFA : *Macrobrachium faustinum* /Gros mordant
- Famille des Palaemonidae
- Habitat : zones calmes sur fonds rocheux ou sableux
- Régime alimentaire : omnivore



- MAC : *Macrobrachium achanturus* /Chevrette
- Famille des Palaemonidae
- Habitat : zones calmes, herbiers de bordures
- Régime alimentaire : omnivore



- MCR : *Macrobrachium crenulatum* /Queue Rouge
- Famille des Palaemonidae
- Habitat : zones rapides sur fond rocheux
- Régime alimentaire : omnivore



- MHE : *Macrobrachium heterochirus* /Grand Bras
- Famille des Palaemonidae
- Habitat : zones rapides sur fond rocheux
- Régime alimentaire : omnivore



- **SIC** : *Sicydium sp.* /Colle-roche
- Famille des Gobiidae
- Habitat : zones rapides sur fond rocheux
- Régime alimentaire : herbivore



- **AMO** : *Agonostomus monticola* /Mulet de rivière
- Famille des Mugilidae
- Habitat : zones calmes et rapides sur fond rocheux
- Régime alimentaire : omnivore



- **OMO** : *Oreochromis mossambicus* /Tilapia
- Famille des Cichlidae
- Habitat : zones calmes sur fond rocheux et dans les herbiers de bordures
- Régime alimentaire : omnivore



- **EPE** : *Eleotris perniger* /Dormé
- Famille des Eleotridae
- Habitat : zones rapides sur fond rocheux
- Régime alimentaire : omnivore



- **ARO** : *Anguilla rostrata* /Anguille
- Famille des Anguillidae
- Habitat : zones rapides sur fond rocheux et calmes sous abri
- Régime alimentaire : carnivore



- **GDO** : *Gobiomorus dormitor* /Dormeur
- Famille des Eleotridae
- Habitat : zones calmes sur fond rocheux
- Régime alimentaire : carnivore

## 3.3. Analyses et laboratoire

### 3.3.1. Les analyses

**Deux types d'analyses** s'appliquent aux échantillons. Chaque station du plan d'échantillonnage s'est vue attribuer un type, ce type est commun à toutes les matrices étudiées sur la station.

**Les types se définissent comme suit :**

- **Type 1** : Chlordecone et Chlordecone 5b-hydro ;
- **Type 2** : Chlordécone, Chlordécone 5b-hydro ;  $\alpha,\beta,\delta,\gamma,\epsilon$ -HCH ; DDT et dérivés DDT 2,4',DDT 4,4',méthoxy-DDT ; Glyphosate et dérivé AMPA ; dieldrine ; imazail ; aldicarbe et métabolites aldicarbe sulfone et sulfoxyde.

Les stations auxquelles est attribuée une analyse de type 2 sont celles situées à l'exutoire des bassins versants déjà identifiés comme contaminés (à l'exception des stations comprises dans le réseau DCE/pesticides). L'ensemble des autres stations ont fait l'objet d'une analyse de type 1. A noter que certaines stations du plan chlordécone classée type 1 peuvent correspondre à des stations du réseau DCE/pesticides. Dans ce cas, ces stations feront l'objet d'une analyse de type 2 pour la matrice eau (uniquement).

Le nombre de station pour chaque type, par matrice et par campagne est donné dans le Tableau 6, ainsi que leur position sur la Figure 8 et Figure 9.

**Tableau 6. Répartition en nombre des types 1 et 2 par campagne et matrice**

Matrice	Campagne octobre		Campagne février		Campagne mai	
	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2	Type 1	Type 2
Eau	56	32	57	30	57	30
Matière en suspension		7	-		-	
Sédiments	-		21	21	29	21
Matière vivante	19	23	19	22	19	22

### 3.3.2. Le laboratoire

Le laboratoire choisi pour les analyses est le Laboratoire Départemental de la Drôme (26) qui possède l'agrément du ministère chargé de la santé, de l'agriculture et du développement durable.

Les méthodes d'analyses sont rappelées en annexe.

L'eau est analysée sans séparation des particules en suspension, les résultats sont donc dépendants du taux de matière en suspension contenu dans les échantillons.

Notons que les analyses dans la matière vivante restent soumises à de nombreux débats techniques quant à la méthode à employer. En effet, la méthode officielle actuelle accréditée COFRAC/AFSSA ne permet pas un niveau de détection suffisamment fin au regard des NQE actuelles. D'autres méthodes alternatives sont susceptibles d'abaisser fortement le seuil de détection mais ne bénéficient pas d'une reconnaissance officielle sanitaire et n'ont donc été mises en œuvre dans le cadre de cette étude.

De même, il est important de rappeler que les dosages sur matière vivante ont été réalisés sur des broyats d'individus entiers (carapace comprise).

Les seuils de quantification sur différentes matrices pour les molécules recherchées sont les suivants :

**Tableau 7. Seuils de quantifications du LDA26 pour les molécules recherchées.**

Matrice	Eau	Sédiment	Matière vivante
Molécule	SQ (µg/L)	SQ (µg/kg MS)	SQ (µg/kg PF)
Aldicarbe	0,02	10	10
Aldicarbe sulfone	0,02	10	10
Aldicarbe sulfoxyde	0,02	10	10
<b>Chlordécone 5b hydro</b>	<b>0,01</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
<b>Chlordécone</b>	<b>0,01</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
Glyphosate	0,1		
AMPA	0,1		
DDT	0,01		
DDT-2,4'	0,01	10	1
DDT-4,4'	0,01	10	1
Méthoxy-DDT	0,01		
Dieldrine	0,01	5	1
α-HCH	0,01	10	1
β-HCH	0,01	10	1
δ-HCH	0,01	10	1
ε-HCH	0,01	10	
γ-HCH (Lindane)	0,01	10	1
Imazalil	0,02	40	20

MS : Matière Sèche

PF : Poids frais



# 4. La phase terrain

## 4.1. Dates d'interventions et hydrologie

Les trois campagnes du plan chlordécone se sont déroulées en octobre 2008, février et mai 2009 (Cf. Annexe 3). Les périodes sont données dans le Tableau 8, alors que les dates d'interventions précises pour chacune des stations pour chaque campagne sont données en annexe. La première campagne s'est déroulée dans des conditions correspondant à l'hivernage, alors que les deux autres ont fait l'objet d'un temps mitigé entre hivernage et carême. Il n'y a donc pas eu de véritable temps de carême.

Le choix des périodes de prélèvements vient de l'observation de la variation annuelle des données sur une même station. Même s'il n'est pas assuré qu'il y ait un lien entre la pluviométrie et la concentration en chlordécone retrouvée dans l'eau, il est nécessaire d'effectuer des prélèvements aux deux saisons afin de couvrir les fluctuations possibles liées à ce paramètre.

**Tableau 8. Dates d'intervention de chacune des matrices pour les trois campagnes.**

	Eau	Sédiments	Matière vivante	MES
<b>Campagne 1</b>	16-29 oct.	-	20 oct. au 05 nov.	14 et 16 oct.
<b>Campagne 2</b>	04 fév. au 19 mars	04 fév. au 18 mars	02-27 fév.	-
<b>Campagne 3</b>	04-27 mai	04-27 mai	25 mai au 08 juin	-

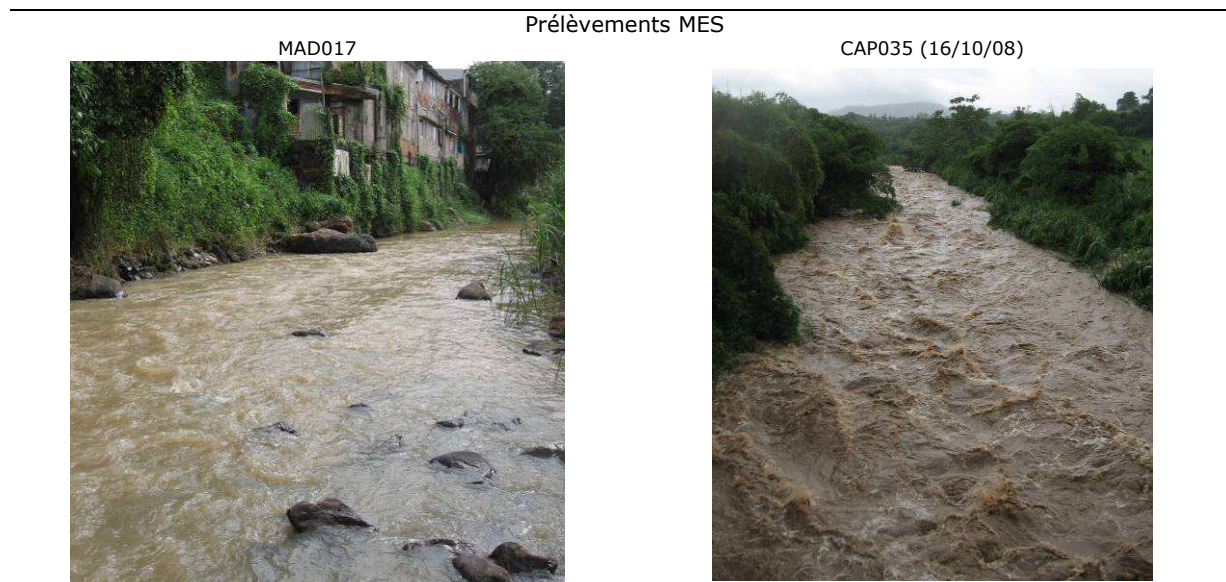
D'un point de vue hydrologique, le mois de septembre et le début d'**octobre** 2008 ont été marqués par des crues provoquées par des orages fréquents (Figure 6). La campagne s'est déroulée après le retour au calme des cours d'eau mais néanmoins sous un temps pluvieux. Il est probable que les crues aient eu un impact sur l'ichtyofaune en entraînant une dérive des individus vers l'aval. En effet, d'après notre connaissance de la faune des cours d'eau de l'île, les densités rencontrées semblaient particulièrement faibles. Selon le Résumé climatologique mensuel de Météo France<sup>18</sup>, il s'agit du deuxième mois d'octobre le plus arrosé depuis l'ouverture de la station en 1947 (après octobre 1990 lors de l'ouragan Klaus). Les cours d'eau se trouvaient en hautes eaux.

Le mois de **mai** a été marqué par un événement majeur, la crue du 5 mai. Les épisodes orageux ont touché plus particulièrement les zones Nord Atlantique et Centre-Est et des crues importantes sont survenues de Sainte-Marie jusqu'à Rivière Pilote. La campagne de prélèvement, qui avait débuté la veille, s'est poursuivie 6 jours plus tard avec des prélèvements d'eau et de sédiments dans la zone la moins touchée par les inondations. Les

<sup>18</sup> <http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles/pack-public/alaune/rmt/rmtmart.htm>

pêches ont quant à elles débuté le 25 mai, soit deux semaines et demi après les crues afin de laisser le temps aux espèces qui ont pu être emportées par les eaux, de recoloniser les cours. La période de fin mai à début juin s'est caractérisée par une pluviométrie moyenne et irrégulière. Malgré une pluie non soutenue, les cours d'eau se trouvaient en moyennes eaux.

**Figure 6. Conditions de prélèvements des MES en octobre 2008 (Madame et Capot)**



Afin d'avoir une idée approximative des **conditions hydrologiques** au moment des prélèvements, les valeurs de hauteurs d'eau du réseau de stations limnimétriques de la DIREN/Conseil Général ont été utilisées. Les stations de prélèvements situées sur une rivière où une station limnimétrique est présente (référence) ont pu être renseignées, sur l'hydrologie à cette station de référence (hauteur d'eau en cm au limnimètre). Ces valeurs permettent seulement une comparaison inter-campagne d'une même station limnimétrique. Ces éléments sont fournis en annexe 3.

## 4.2. Les sites d'étude

Chaque station du présent plan d'échantillonnage chlordécone est codifiée par trois lettres et trois chiffres correspondant aux trois premières lettres du cours d'eau et à l'altitude de la station (Tableau 9). Ce code permet de situer facilement une station. Certaines stations appartenant au réseau de suivi DCE et pesticide ont un code de type « FRJR » (Cf. Annexe 4).

Un code station de type SANDRE est également attribué par l'Office de l'Eau à chaque station afin d'avoir une référence normalisée à saisir au niveau de la base de donnée.

Chaque station est décrite par : le bassin versant, la rivière et la commune auxquels elle appartient, sa situation altitudinale, et son type de prélèvement (Figure 7).

La position géographique des stations, ainsi que la zone à laquelle elles appartiennent, est présentée par la Figure 5. Il a été décidé de diviser le département en 6 zones : Nord Caraïbe, Agglomération Foyalaise, Centre, Sud, Sud Atlantique et Nord Atlantique.

Le plan d'échantillonnage a évolué en cours d'étude avec l'ajout de la station Ravine Crochemort et la suppression sur la rivière Lézarde des stations Brasserie Lorraine et Ressource qui ont été remplacées par la station Lézarde DCE.

En ce qui concerne les prélèvements sédiments, la deuxième série de prélèvements (3<sup>ème</sup> campagne) a fait l'objet d'ajout de stations afin de suivre certains bassins versant à l'amont aussi bien qu'à l'aval.

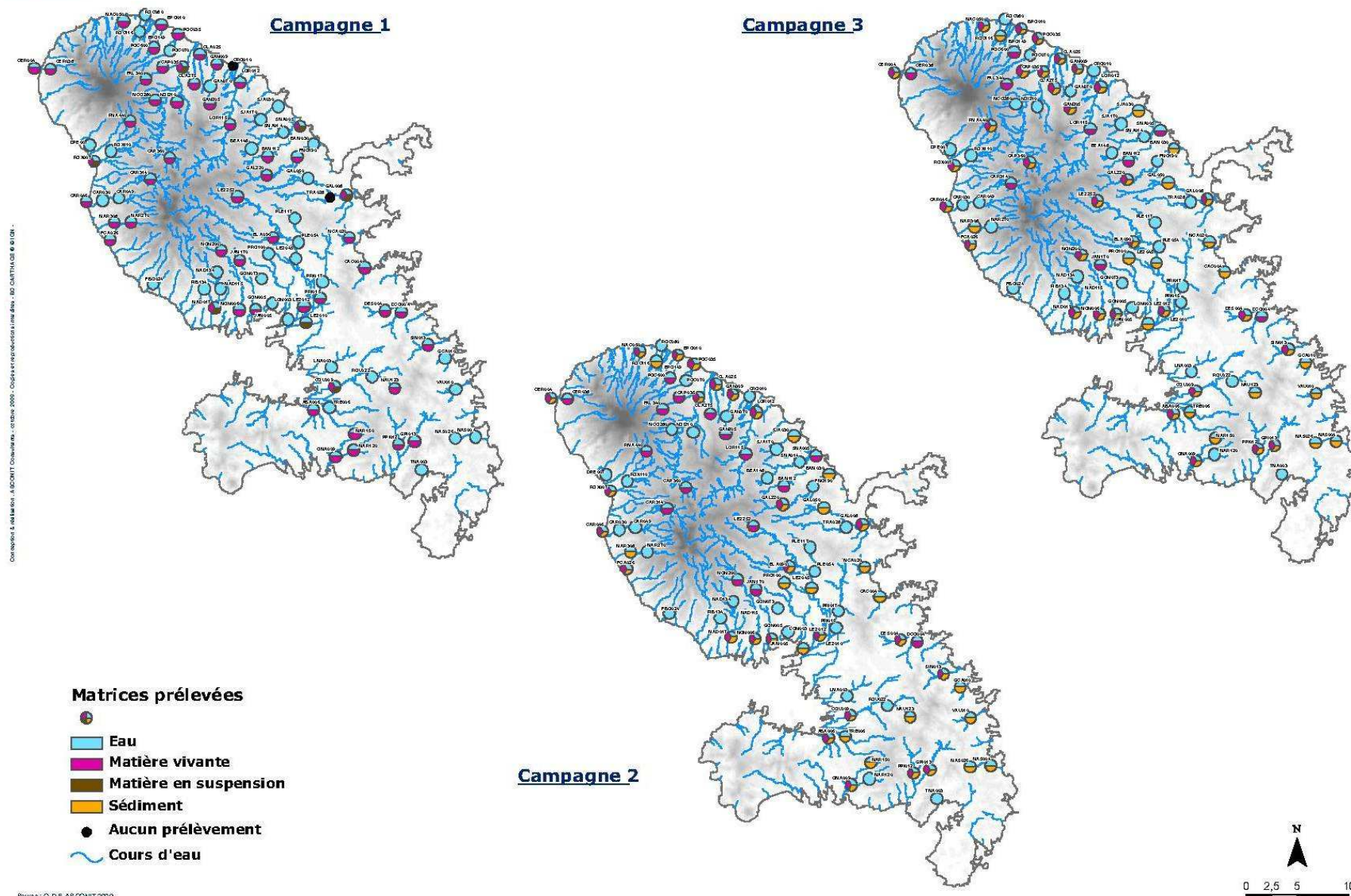
Tableau 9. Caractéristiques de l'ensemble des stations du plan chlordécone

Bassin versant	Commune	Rivière	Position	Station	Code	Type	Eau			Matière vivante			MES	Sédiments		
							C1	C2	C3	C1	C2	C3		C1	C2	C3
Céron	Prêcheur	Céron	Amont	Amont prise canal Hab Céron	CER038	T1	x	x	x	x	x	x				
		Céron	Aval	Pt RD10 Habitation Céron	CER004	T2	x	x	x	x	x	x		x	x	
Des Pères	St-Pierre	Des Pères	Aval	Carrière St-Pierre	DPE007	T1	x	x	x							
Roxelane	Morne Rouge	Madame	Amont	Savane Morestin	RMA440	T1	x	x	x	x	x	x				x
		Roxelane	Centre	La Montagne	ROX110	T1	x	x	x							
	St-Pierre	Roxelane	Aval	St-Pierre ancien pont	ROX007	T2				x	x	x	x	x	x	
Carbet	Fond St-Denis	Carbet	Amont	Croix Eustache	CAR314	T1	x	x	x	x	x	x				
		Carbet	Centre	Pt Campbell	CAR049	T1	x	x	x							
	Carbet	Carbet	Aval	Fond Baise	CAR046	T2	x	x	x							
		Carbet	Aval	Aquaculture mangatal 2	CAR030	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Fond Capot	Morne Vert	La Mare	Centre	Aquaculture Mangatal	MAR308	T1	x	x	x	x					x	x
	La Mare	Centre	Aquaculture Florantin	MAR270	T1	x	x	x	x							
	Bellefontaine	Fond Capot	Aval	Pt RN2 Bellefontaine	FCA026	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Fond Bourlet	Case Pilote	Fond Bourlet	Centre	Fond Bourlet bas	FBO024	T1	x	x	x							
Madame	Fort-de-France	Madame	Amont	Val Floréal	MAD115	T2	x									
		Madame	Centre	Desbrosses 2	MAD134	T1	x	x	x							
		Ribodeau	Centre	Desbrosses	RIB134	T1	x	x	x							
		Madame	Aval	Pt de la Cartonnerie	MAD017	T2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Monsieur	St-Joseph	Monsieur	Amont	Le Foyer	MON200	T1	x	x	x	x	x	x				x
	Fort-de-France	Monsieur	Aval	Pt St-Christophe	MON006	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Jambette	St-Joseph	Jambette	Centre	Pt RN4 Jambette	JAM170	T1	x	x	x	x	x	x				
	Lamentin	Jambette	Aval	ZI Jambette	JAM005	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Gondeau	Lamentin	Gondeau	Amont	Habitation Gondeau	GON073	T1	x	x	x							
	Lamentin	Gondeau	Aval	Basse Gondeau	GON005	T1	x	x	x							
Longvillier	St-Joseph	Prospérité	Amont	Habitation Prospérité	PRO100	T1	x	x	x						x	x
	Lamentin	Longvillier	Aval	Pt RN1 Longvillier	LON003	T1	x	x	x						x	x
Lézarde	Gros Morne	Lézarde	Amont	Palourde	LEZ252	T1				x	x	x				x
	St-Joseph	Blanche	Centre	Choco	BLA090	T1	x	x	x	x	x	x			x	x
	Gros Morne	Petite Lézarde	Centre	Habitation la Thibault	PLE117	T1	x	x	x							
	Gros Morne	Petite Lézarde	Centre	Pont Belle Ile	PLE054	T2	x	x	x							
	Gros Morne	Lézarde	Centre	Gué la Désirade	LEZ045	T1	x								x	x
	Lamentin	Petite Rivière	Aval	Sarrault	PRI015	T1	x	x	x							
	Lamentin	Petite Rivière	Aval	Brasserie Lorraine	PRI017	T2				x						
	Lamentin	Lézarde	Aval	Lézarde DCE	LEZ012	T2		x	x	x	x	x			x	x
	Lamentin	Lézarde	Aval	Ressource	LEZ010	T2	x						x			
La Manche	Ducos	La Manche	Aval	Pt RN5	LMA003	T1	x	x	x							
Salée	St-Esprit	La Nau	Amont	Aquaculture Louise	NAU123	T1	x	x	x	x					x	x
	St-Esprit	Roussane	Amont	Pt RD17 Roussane	ROU022	T1	x	x	x							
	Rivière Salée	Les Coulisses	Aval	Petit Bourg	COU009	T2				x	x	x	x		x	x
	Rivière Salée	L'Abandon	Aval	Cité Trenelle	ABA006	T1	x	x	x	x	x	x			x	x
	Rivière Salée	Trenelle	Aval	La Trenelle	TRE006	T1	x	x	x						x	x
Oman	St-Luce	Marie	Centre	Aquaculture Choux	MAR120	T1	x	x	x	x						
	St-Luce	Marie	Centre	Aquaculture Savy	MAR150	T1	x	x	x	x					x	x
	St-Luce	Oman	Centre	Dormante	OMA009	T2				x	x	x			x	x
Pilote	Rivière Pilote	Petite Pilote	Centre	Pt Madeleine	PPI012	T1	x	x	x	x	x	x			x	x
		Grande Pilote	Centre	Pt Lescouet	GPI013	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Trou Manuel	Le Marin	Trou Manuel	Aval	Cédalise	TMA003	T1	x	x	x							
Massel	Marin	Massel	Amont	Puyferrat	MAS026	T1	x	x	x						x	x
		Massel	Aval	Malevaut	MAS004	T1	x	x	x						x	x
Vauclin	Vauclin	Vauclin	Aval	Belle étoile	VAU010	T1	x	x	x						x	x
Grande Case	Vauclin	Grande Case	Aval	Pt RN6 Grande Case	GCA010	T2	x	x	x						x	x
Du Simon	François	Du Simon	Aval	Fontane	SIM013	T2				x	x	x			x	x
Deux courants	François	Deux courants	Aval	Pt Séraphin	DCO004	T2	x	x	x	x	x	x				
Desroses	François	Desroses	Aval	Trianon Sud	DES004	T1	x	x	x	x	x	x			x	x
Cacao	Robert	Cacao	Aval	Aquaculture LPA RObert	CAC004	T1	x	x	x	x					x	x
Mansarde	Robert	Mansarde Catalogne	Aval	Aquaculture Jeanne	MCA020	T1	x	x	x	x					x	x
Galion	Trinité	Galion	Amont	Fond Galion	GAL220	T1	x	x	x	x	x	x			x	x
	Trinité	Galion	Centre	Pt de Bassignac	GAL050	T1	x	x	x						x	x
	Trinité	La Tracée	Centre	La Tracée	TRA028	T1	x	x	x							
	Trinité	Galion	Aval	Grand Galion	GAL008	T2				x	x	x	x		x	x
Sainte Marie	Sainte Marie	Fond Moulin	Centre	Aquaculture Eliazord	FMO190	T1	x	x	x	x						
	St-Marie	Bambous	Amont	Fond Cacao	BAM112	T1	x	x	x	x	x	x				
	St-Marie	Bambous	Aval	Concorde	BAM030	T1	x	x	x						x	x
	St-Marie	Beaufort	Amont	Gué Bezaudin	BEA148	T1	x	x	x							
	St-Marie	Sainte-Marie	Centre	Pt RD24 Ste Marie	SMA014	T2	x	x	x							
Saint Jacques	St-Marie	Saint Jacques	Amont	Citron	SJA170	T1	x	x	x							
		Saint Jacques	Aval	Fond St-Jacques	SJA030	T1	x	x	x						x	x
Lorrain	Lorrain	Lorrain	Centre	Gué rivière du Lorrain	LOR115	T1	x	x	x	x	x	x				
		Lorrain	Aval	Séguineau	LOR012	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Crochemort	Lorrain	Crochemort	Aval	Ravine Crochemort	CRO010	T1	x	x	x							
Grande Anse	Lorrain	Grande Anse	Amont	Bois l'Etoile	GAN205	T1	x	x	x	x	x	x				x
		Grande Anse	Centre	Fond Grande Anse	GAN070	T1	x	x	x							x
		Grande Anse	Aval	Pt RN1 Rivière Grande Anse	GAN009	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Claire	Lorrain	Claire	Amont	La Montagne	CLA275	T1	x	x	x	x	x	x				x
		Claire	Aval	Prise eau rivière Rouge	CLA025	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Capot	Morne Rouge	Capot	Amont	Propreté	CAP360	T1	x	x	x	x	x	x				x
	Ajoupa Bouillon	Falaise	Amont	Gorges de la Falaise	FAL340	T1	x	x	x	x	x	x				
	Ajoupa Bouillon	Morne Coco	Centre	Aquaculture Cordémie	MCO280	T1	x	x	x	x						
	Lorrain	Noire	Centre	Aquaculture Blondel Larougey	NOI210	T1	x	x	x	x						
	Lorrain	Capot	Aval	Prisé AEP Vivé Capot	CAP035	T2				x	x	x	x		x	x
Pocquet	Basse Pointe	Pocquet	Amont	Morne Jacques	POC600	T1	x	x	x	x	x	x				x
		Pocquet	Centre	Le trou Margot	POC070	T1	x	x	x							
		Pocquet	Aval	Pocquet RN1	POC035	T2				x	x	x			x	x
Basse Pointe	Basse Pointe	Basse Pointe	Centre	Grand Maison	BPO149	T1	x	x	x	x	x	x				
		Basse Pointe	Aval	Pt RN1 Basse Pointe	BPO010	T2	x	x	x	x	x	x			x	x
Roche	Macouba	Roche	Amont	Hauteurs Rivière Roche	ROC116	T1	x	x	x						x	x
		Roche	Aval	Pont Rivière Roche	ROC080	T1	x	x	x							
Macouba	Macouba	Macouba	Aval	Camping Macouba	MAC050	T2	x	x	x	x	x	x			x	x

Figure 7. Matrices prélevées sur les stations du plan chlordécone



MATRICES PRÉLEVÉES SUR LES STATIONS DU PLAN CHLORDÉCONE



## 4.3. Détails sur l'échantillonnage de la matière vivante

Pour des raisons de logistique, les prélèvements de matière vivante ont été menés distinctement des prélèvements d'eau. Par contre la logique amont-aval a été respectée dans un souci d'éliminer une source de variabilité supplémentaire pour le traitement des résultats liés à cette matrice. Seuls quelques cas de stations amont-aval éloignées (Capot, Carbet) ne respectent pas ce schéma.

Sur l'ensemble des stations de prélèvement de matière vivante inventoriées aux trois campagnes, il y a eu respectivement 108, 113 et 111 prélèvements de crustacés et poissons. La répartition du nombre d'espèces prélevé sur les stations est donnée dans les Tableau 10. Plus de la moitié des stations font l'objet d'un prélèvement de 3 espèces.

**Tableau 10. Répartition du nombre d'espèces prélevés sur les stations et répartition du nombre d'espèces communes entre les stations amont-aval d'une même rivière**

		Nombre d'espèce				Nombre d'espèces communes amont-aval			
		3	2	1		3	2	1	0
<b>Campagne 1</b>	Nombre de stations (/42 ou 41)	28	10	4	Nombre de rivières (/16)	0	5	4	5
<b>Campagne 2</b>		32	8	1		0	7	3	6
<b>Campagne 3</b>		30	10	1		1	6	3	6

Les rivières ayant deux ou trois espèces prélevées en commun entre l'amont et l'aval sont Céron, Capot, Pocquet, Basse Pointe et Lézarde, Salée et Pilote. Le fait de ne pas toujours pouvoir collecter les mêmes espèces entre l'amont et l'aval provient des différences naturelles de peuplements des cours d'eau entre les deux zones.

L'espèce de crustacé la plus souvent prélevée est *Atya innocous* pour les trois campagnes d'intervention. Le taxon le moins rencontré pour la première campagne a été *Macrobrachium crenulatum* qui n'a été prélevé que deux fois, alors qu'à la seconde campagne il s'agit d'*Atya scabra*, prélevé quatre fois. A la troisième campagne, il n'y a pas de taxons prélevé en minorité chez les crustacés. Chez les poissons, deux espèces s'équivalent en fréquence de prélèvement, le *Sicydium sp.* et *Eleotris perniger*. A la première campagne, le *Sicydium* a été prélevé par défaut, étant donné son statut d'herbivore, sur des stations où aucune autre espèce de poissons ne se retrouvait. Les résultats à l'issue de la première campagne ont démontré que ce poisson est en réalité contaminé et qu'il est donc d'intérêt de le prélever comme nous allons le voir par la suite.

Les détails d'échantillonnage de la matière vivante, soit le nombre d'individus prélevés par lot, le poids total du lot et la médiane des tailles mesurées sont donnés pour chaque espèce aux différentes stations pour chacune des campagnes en annexe. La moitié des poids prélevés sont supérieurs à 200 grammes pour la première campagne et autour de 40% pour les deux campagnes suivantes. Un poids supérieur à 400 grammes est prélevé pour six, huit et neuf lots respectivement sur les campagnes successives, au niveau de stations aval afin de permettre un contrôle qualité des analyses par l'Afssa. Les plus gros prélèvements en termes de nombre d'individus sont, respectivement pour les trois campagnes, de 145, 93 et 74 individus et ils correspondent à l'espèce *Macrobrachium faustinum*. Les petits échantillons

constitués du minimum d'individus, soit 3, sont au nombre de 13 pour la première campagne et 19 pour les campagnes 2 et 3. Les espèces concernées sont *Macrobrachium carcinus*, ainsi que les diverses espèces de poissons hormis *E. perniger* et *Sicydium sp.* (Cf. Annexe 5).

Les classes de taille de chacun des lots sont présentées sous forme graphique dans une annexe individuelle.

# 5. Résultats

Dans cette partie, nous nous attacherons à présenter l'ensemble des résultats d'analyse pour les différents critères : molécule, zone géographique, campagne, compartiment, etc.

D'une manière générale, nous avons souhaité présenter un premier tableau qui montre l'ampleur du problème de contamination par ces molécules dans les rivières de Martinique.

**Tableau 11. Pourcentage de résultats  $\geq$  au seuil de quantification pour chacune des molécules, sur l'ensemble des campagnes et par matrice.**

	EAU	SED	MES	MV	Total
AMPA	11,4	-	-	-	
Chlordécone	<b>69,0</b>	<b>38,5</b>	100,0	<b>96,4</b>	
Chlordécone 5b-hydro	<b>44,9</b>	2,2	0	<b>58,8</b>	
DDT 24'	0	0	-	0,9	
DDT 44'	0	0	-	9,5	
Dieldrine	4,5	0	-	<b>37,1</b>	
Glyphosate	6,7	-	-	-	
Imazalil	15,9	0	-	4,3	
$\alpha$ -HCH	4,5	0	-	0,9	
$\beta$ -HCH	<b>52,3</b>	<b>4,9</b>	-	<b>41,4</b>	
$\gamma$ -HCH	3,4	2,4	-	3,4	
$\delta$ -HCH	1,1	0	-	4,3	
$\epsilon$ -HCH	4,2	0	-	-	
<b>Nb de molécules détectées</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>13</b>
<b>Total recherché</b>	18	14	2	13	18
<b>% détecté/recherché</b>	<b>61</b>	<b>29</b>	<b>50</b>	<b>77</b>	<b>72</b>

Au total, 72% des molécules recherchées ont été détectées dans au moins 1 matrice. Les molécules présentant au moins un résultat positif (soit supérieur ou égal au seuil de quantification) sur les trois campagnes sont au nombre de 11 pour l'eau, 4 pour les sédiments et 10 pour la matière vivante (Tableau 11 et Figure 8/Figure 9). Cette dernière est donc principale intégratrice des polluants (avec l'eau).

Les molécules les plus fréquemment retrouvées sont : le chlordécone pour toutes les matrices, le  $\beta$ -HCH et le chlordécone-5b-hydro pour l'eau et la matière vivante.

Les molécules n'ayant donc jamais été trouvées lors de cette étude sont :

- L'aldicarbe, aldicarbe sulfone et aldicarbe sulfoxyde,
- Le DDT et le méthoxy – DDT (mais les autres formes ont été trouvées).



Figure 8. Nombre de molécule maximum retrouvé par matrice pour les stations de type T1

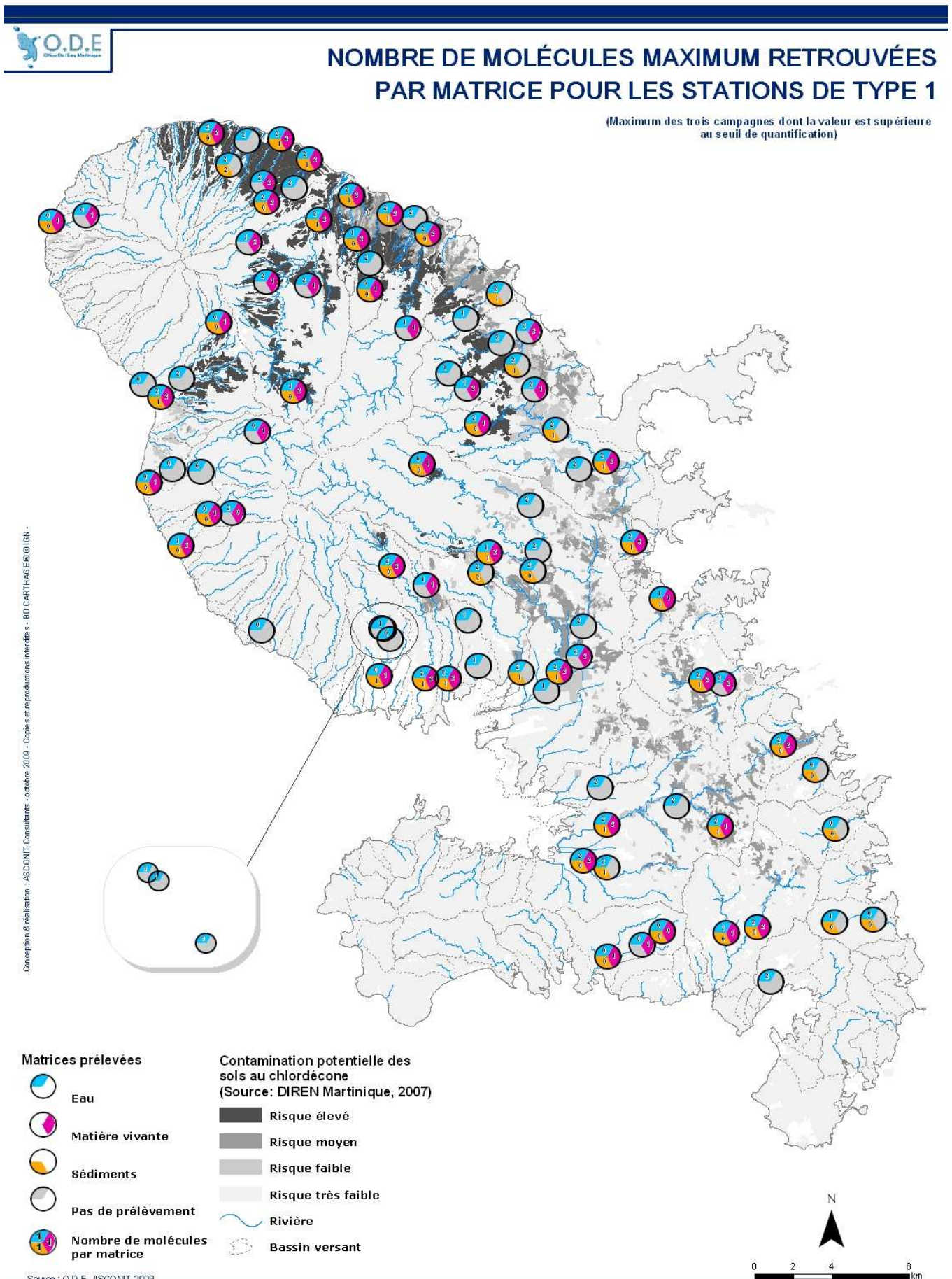
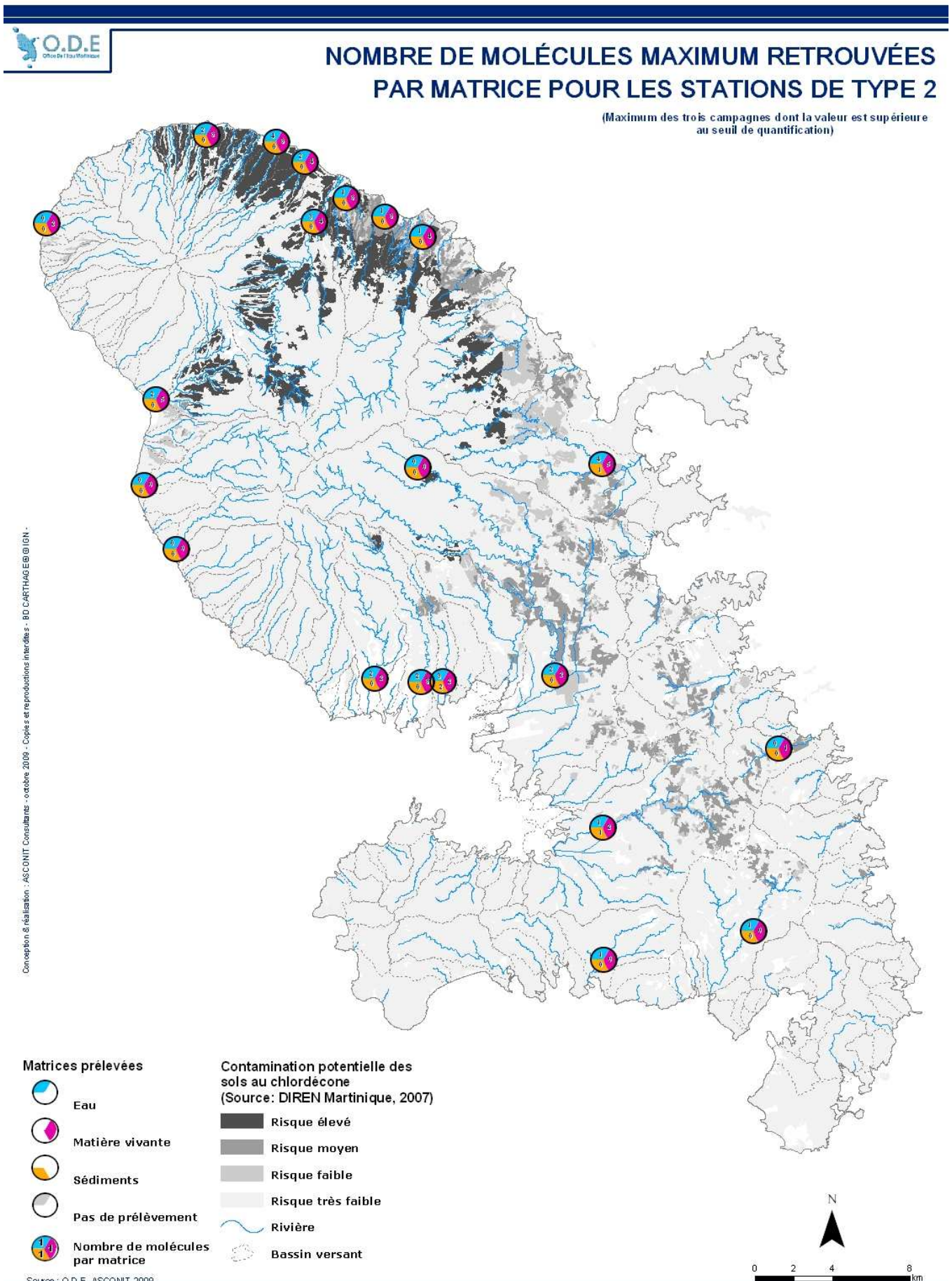


Figure 9. Nombre de molécule maximum retrouvé par matrice pour les stations de type T2



# 5.1. Chlordécone et son sous produit

---

## 5.1.1. Principaux résultats par matrice

### **Eau (cf Annexe 6)**

D'une manière générale, il apparaît que seul 28 à 34 %, selon la saison, des stations étudiées présentent un niveau en chlordécone inférieur au seuil de quantification de 0,01 µg/l. Le reste des stations est contaminé, dont 50 à 55 % au dessus de la norme fixée à 0,1 µg/l pour l'eau potable (Figure 11).

Les plus fortes concentrations retrouvées dans l'eau concernent, par ordre d'importance, les stations **Concorde** (BAM030) et **Lasalle** (SMA005) sur le bassin versant de la rivière Sainte-Marie, **Pont RN1 rivière Grande Anse** (GAN009), Prise d'eau rivière Rouge (CLA025), qui sont toutes des stations de la zone Nord Atlantique (Figure 13).

La **valeur maximale rencontrée est de 6,1 µg/l** (BAM030 sur la Bambou), ce qui représente un dépassement de 60 fois la norme.

Par contre, l'ensemble des stations des rivières du Carbet, Anse Céron, Madame et Oman sont exemptes de contamination au chlordécone lors de ces 3 campagnes.

Pour le chlordécone-5B-hydro, métabolite du chlordécone, seules 3% des stations ont une contamination supérieure à la norme et la plus forte valeur retrouvée est de 0,26 µg/L (2,6 fois la norme). Les résultats cartographiés sont présentés en Figure 14.

### **Sédiments (cf Annexe 6)**

La contamination des sédiments est moins marquée, avec jusqu'à 70% (entre 48 et 73%) des stations étudiées présentant un niveau en chlordécone inférieur au seuil de quantification à 10 µg/kg de Matière Sèche (Figure 12). Il n'y a pas de norme fixée en ce qui concerne les sédiments.

Les plus fortes concentrations retrouvées dans les sédiments concernent les stations Habitation Prospérité (PRO100), Pont de Bassignac (GAL050), Concorde (BAM030) et Hauteurs rivière Roche (ROC116). Il s'agit de stations de la zone Agglomération Foyalaise et nord Atlantique (Figure 13).

La valeur maximale rencontrée est de **746 µg/kg MS** (PRO100 sur la Prospérité en amont de la Longvillier).

Les bassins versants (souvent représentés par une seule station située à l'aval) des zones Nord Caraïbe, Sud et Sud Atlantique sont pour la plupart exemptes de contamination.

Pour le chlordécone-5b-hydro, seules 5% des stations présentent des concentrations supérieures au seuil de quantification à 10 µg/kg.

**Les résultats eau et sédiments pour l'ensemble de l'étude sont présentés par la Figure 13 sous forme de percentile 90.** Ce calcul a été préféré à la moyenne car il permet de donner du poids aux fortes contaminations qui ont potentiellement un impact sur la faune tout en éliminant les éventuelles valeurs non représentatives.

**Pour l'eau les seuils choisis pour la représentation correspondent au seuil de détection (0,01 µg/l), du seuil à la norme de 0,1 µg/l, de la norme à 10 fois la norme (1 µg/l) et supérieur à cette borne.**

### ***Matières en suspension***

Le dosage de la contamination de ce compartiment n'a été réalisé qu'à titre informatif, ce qui explique la faible proportion de stations échantillonnées et uniquement à la première campagne correspondant aux hautes eaux.

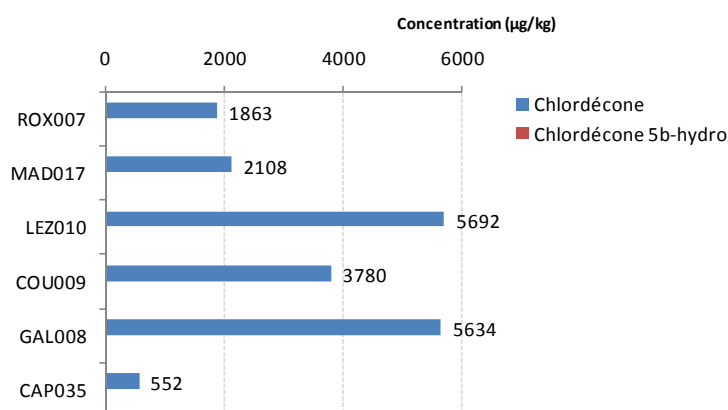
Sur les six stations prélevées en eau chargée en matière en suspension, les plus fortes contaminations sont retrouvées sur les stations Ressource de la rivière Lézarde et Grand Galion de la rivière Galion.

Le niveau de contamination est dépendant de la position du prélèvement mais également de la charge en matière en suspension de l'eau au moment du prélèvement.

Aucune trace de chlordécone-5b-hydro n'a été retrouvée.

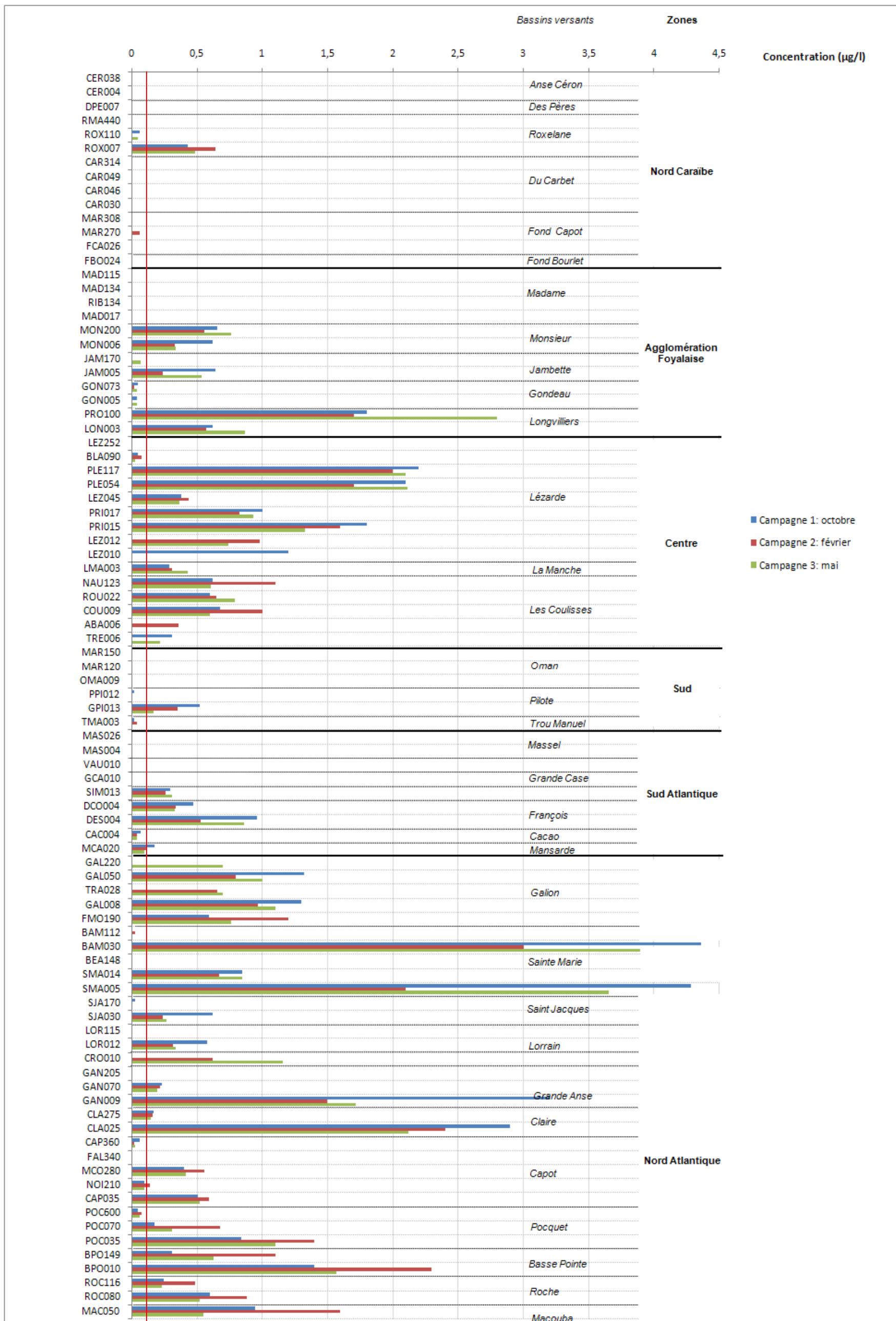
En général, les concentrations trouvées dans cette matrice sont **10 à 100 fois plus élevées que dans le sédiment** (Figure 10). Ceci s'explique par le caractère lipophile de la molécule qui s'adsorbe préférentiellement aux supports organiques (également sous forme colloïdale).

**Figure 10. Concentrations en chlordécone et son dérivé dans les MES sur les stations prélevées à la première campagne.**



A titre comparatif, ces résultats seraient en moyenne plus de cinq fois plus élevés que ceux obtenus pour deux bassins versants à l'étude dans la Baie du Robert (CEMAGREF, étude en cours, valeurs à confirmer).

Figure 11. Concentration en chlordécone retrouvées sur les stations d'étude aux trois campagnes d'échantillonnage, sur la matrice eau.



**Figure 12. Concentration en chlordécone retrouvées sur les stations d'étude aux deux campagnes d'échantillonnage, sur la matrice sédiments.**

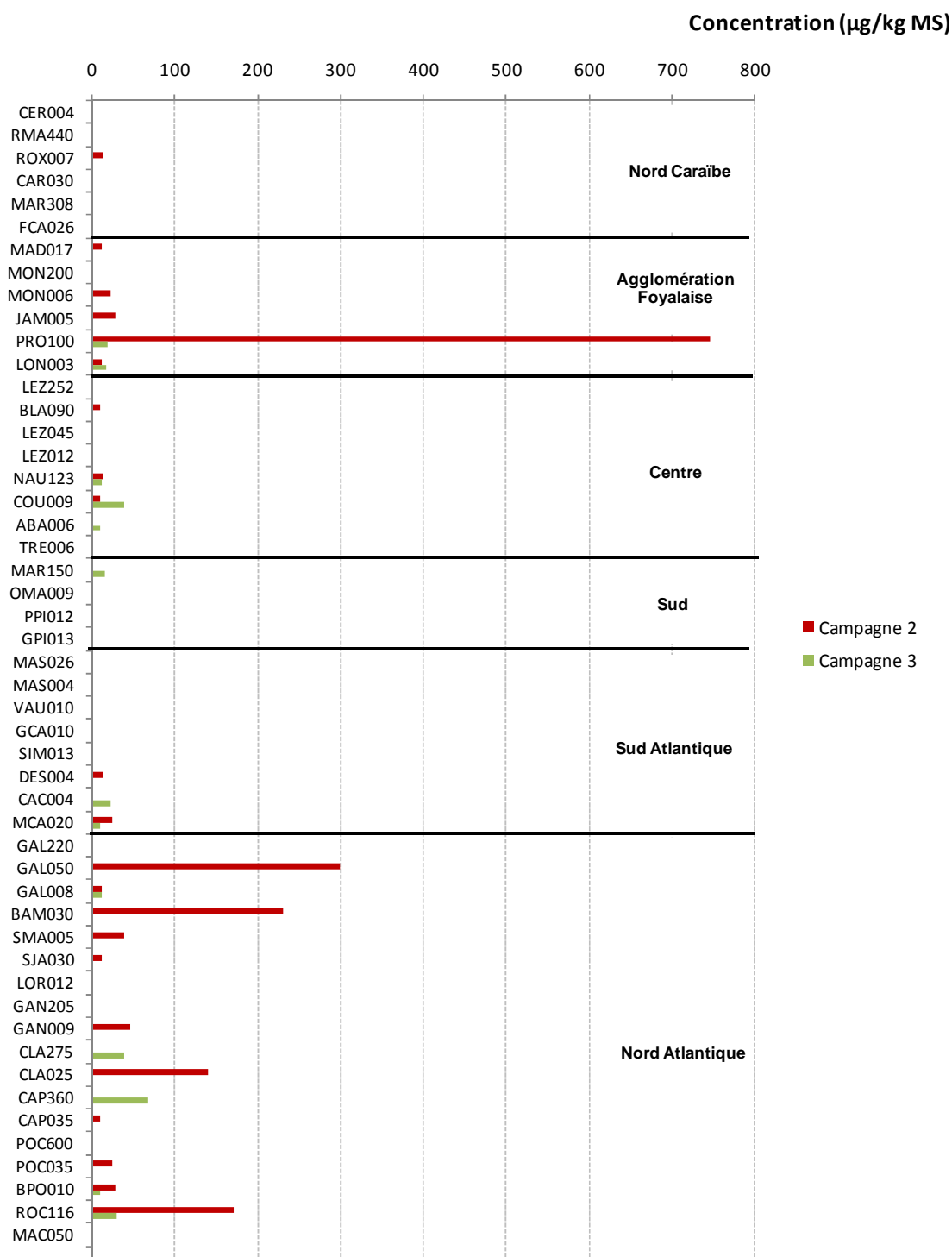
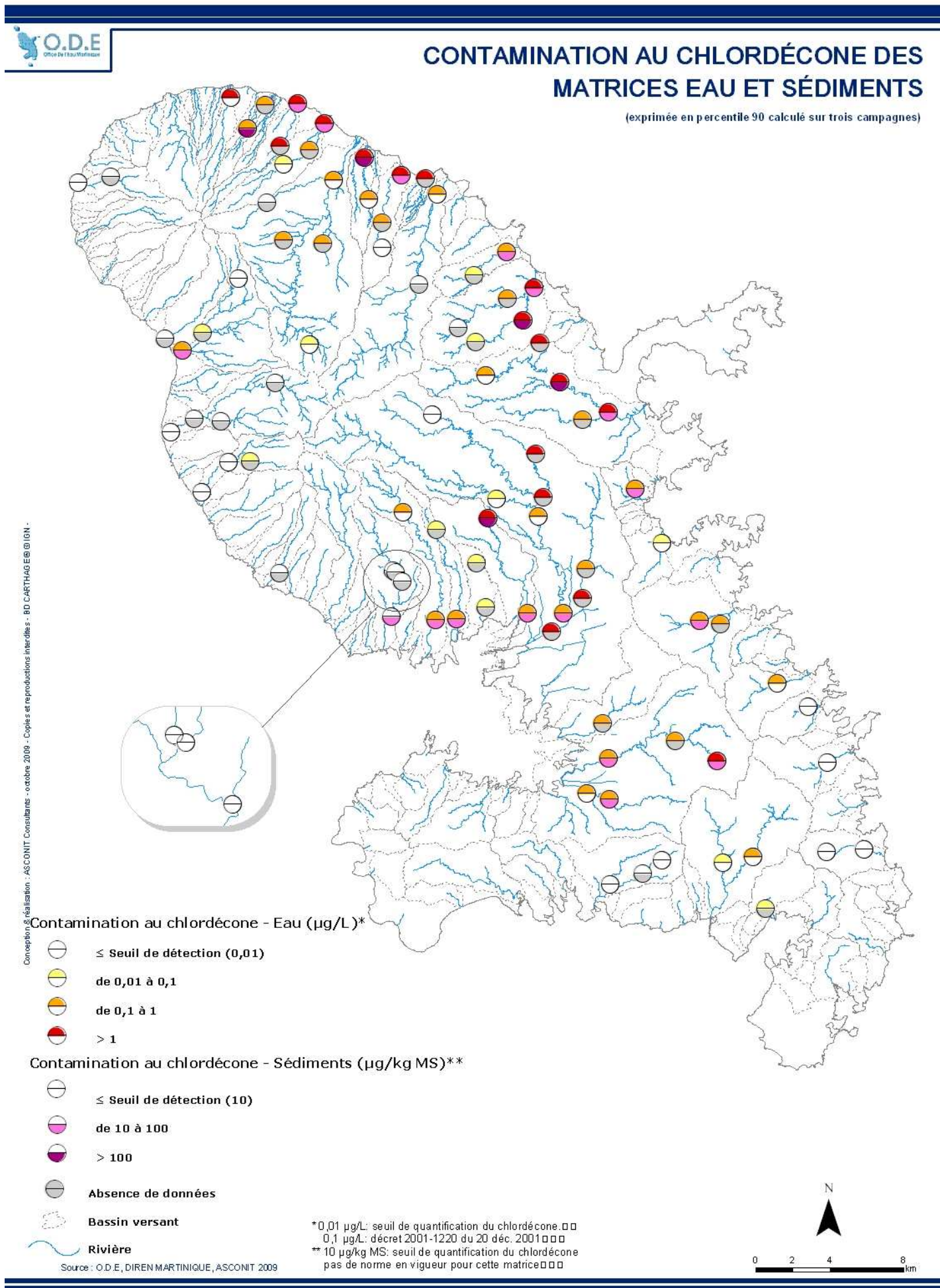


Figure 13. Carte de la contamination au chlordécone des matrices eau et sédiments.



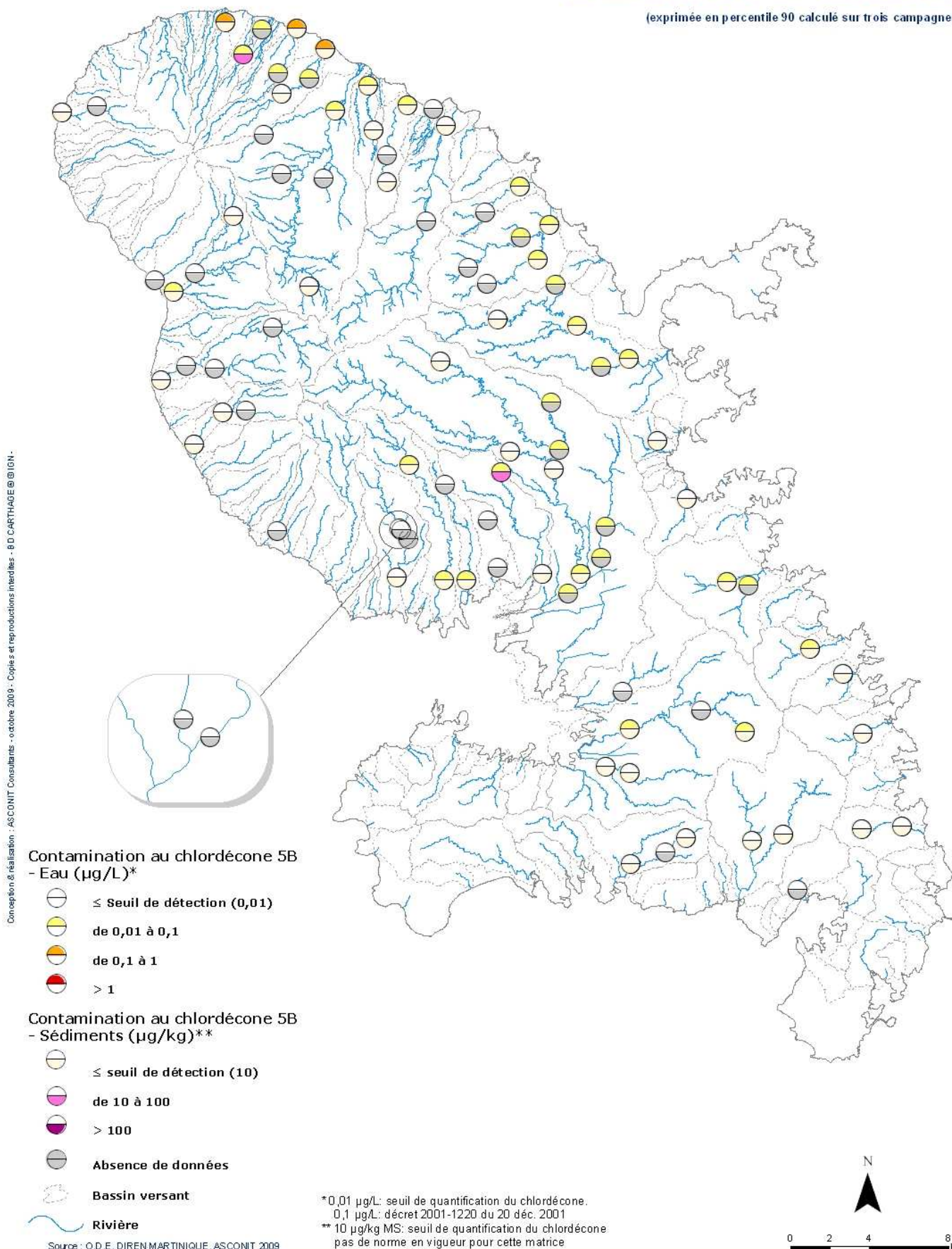
Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - octobre 2009 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE © IGN -

Figure 14. Carte de la contamination au chlordécone 5B hydro des matrices eau et sédiments.



## CONTAMINATION AU CHLORDÉCONE 5B DES MATRICES EAU ET SÉDIMENTS

(exprimée en percentile 90 calculé sur trois campagnes)





## Matière vivante

Au total, c'est entre **91 et 97% (selon la campagne) des lots de matière vivante qui sont contaminés**. Sur ces derniers, plus de **80% ont un taux supérieur à la norme fixée à 20 µg/kg Poids Frais**.

Donc, sur les 341 lots de crustacés et poissons étudiés, seul 3 à 9 % des lots présentent un niveau en chlordécone inférieur au seuil de quantification de 10 µg/kg PF.

Les résultats détaillés par station, par campagne et par espèce sont présentés en Annexe 7.

**Pour la matière vivante, les seuils choisis pour la représentation (Figure 15) correspondent au seuil de détection (5 µg/kg), du seuil à la norme de 20 µg/kg, de la norme à 10 fois la norme (200 µg/kg) et supérieur à cette borne.**

L'interprétation des résultats pour la matière vivante est très complexe dans la mesure où il a été démontré, dans de nombreuses études, que le degré d'accumulation d'un contaminant au sein d'un organisme dépend de plusieurs facteurs. Dans le cas de la présente étude, les facteurs à considérer sont : l'espèce, la taille (donc l'âge) des individus dans les lots et le niveau de contamination des différentes matrices mésologiques (eau, sédiment) durant son cycle de vie.

Des tests statistiques ont été réalisés afin de comprendre l'effet de chacun de ces facteurs sur le niveau de contamination retrouvé dans les lots sur l'ensemble des résultats.

Un test de corrélation entre les taux dans l'eau et les taux chez les crustacés d'une part et les poissons d'autre part démontre que la concentration dans les individus (poissons et crustacés) est corrélée à la concentration dans l'eau.

### Corrélation de Pearson

Variable 1	variable 2	corrélation de Pearson	probabilité	Interprétation
concentration chez les crustacés	concentration dans l'eau	0,706	0	concentration dans la chair des crustacés est corrélée à la concentration dans l'eau
concentration chez les poissons	concentration dans l'eau	0,726	0	concentration dans la chair des poissons est corrélée à la concentration dans l'eau

Un test non paramétrique de Kruskal-Wallis (données non-normales) est réalisé en complément pour connaître l'influence de chacun des paramètres cités plus haut. L'ANOVA-1 facteur est réalisé à titre complémentaire même si sa robustesse est mise en doute du fait de la non-normalité des données.

Il en ressort les résultats du tableau suivant. L'hypothèse des tests est définie par : le facteur considéré (espèce, taille..) n'influence pas la concentration dans les chairs.

Si la probabilité du test est inférieure à 0,05, l'hypothèse est rejetée. La concentration dans les chairs sera donc dépendante du facteur considéré dans le test. Etant donné les différences entre les crustacés et les poissons d'un point de vue trophique et par rapport aux taux retrouvés dans les chairs, les deux groupes ont été traités séparément.

**Tests de Kruskal-Wallis et ANOVA-1 facteur**

Réponse	Facteur	Kruskal-Wallis	ANOVA 1 facteur	Interprétation
concentration dans la matière vivante	espèces	0	0	concentration dans la matière vivante varie en fonction des espèces
	niveau de contamination de l'eau	0	0	concentration dans la matière vivante varie en fonction du niveau de contamination de l'eau
concentration chez les crustacés	catégories de tailles	0,008	0,014	concentration dans la chair des crustacés varie en fonction des catégories de taille (ou non si on considère l'ANOVA)
	espèces de crustacés	0	0	concentration dans la chair des crustacés varie en fonction de l'espèce
concentration chez les poissons	catégories de tailles	0,004	0,002	concentration dans la chair des poissons varie en fonction des catégories de taille
	espèces de poissons	0	0	concentration dans la chair des poissons varie en fonction de l'espèce

L'examen statistique des résultats est détaillé en annexe 8.

Pour faciliter la présentation des résultats, l'ensemble des lots sera comparé entre eux même s'il faut garder en mémoire que :

- 1) les espèces dont ils sont formés ne vont pas forcément accumuler de façon similaire,
- 2) les lots ne sont pas constitués d'individus de même taille (même si un effort pour former des lots homogènes a été mis en œuvre),
- 3) les lots proviennent de rivières ayant des niveaux de contamination très variables entre elles.

Afin de mettre en avant les espèces et stations les plus susceptibles d'être contaminées, le percentile 90 est calculé sur l'ensemble des résultats d'une espèce. Il s'agit d'un résultat d'ordre « sanitaire » (afin de déterminer les zones où la capture et la consommation sont soumises à limiter) puisqu'en réalité il est difficile de comparer des lots provenant de rivières dont la contamination de l'eau n'est pas la même.

Les **espèces présentant les percentiles 90 de contamination les plus élevés** sur les trois campagnes sont dans l'ordre d'importance (Tableau 12) :

1) Anguille (*Anguilla rostrata*)

*poisson carnivore  
(sommet de la chaîne alimentaire)*

*durée de vie > 10 ans*



2) Dormé (*Eleotris perniger*)

*poisson omnivore  
(tendance carnivore)*

*durée de vie > 3 ans*



- 3) Chevrette ou Grand Bras *crevette omnivore*  
(*Macrobrachium acanthurus*) (*tendance détritivore*)  
*durée de vie > 2 ans*



Même si ces espèces ne seront pas obligatoirement contaminées partout de la même manière, il convient d'en éviter en priorité la consommation.

Les espèces avec les plus faibles percentiles 90, en dehors des crustacés d'élevage *Macrobrachium rosenbergii* et *Cherax*, sont deux poissons : le dormeur (*Gobiomorus dormitor*) et le Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Ce constat est à tempérer par deux éléments : ce sont les espèces les moins échantillonnées (4 à 11 lots) et sur des sites exempts de contamination sur les autres matrices (à part pour le Tilapia). Ceci est d'autant plus fragile que le *Gobiomorus dormitor* se place au même niveau trophique que l'anguille qui par ailleurs est très contaminée. La faible robustesse de ce constat nous incite donc à la plus grande prudence dans son interprétation.

Le z'habitant (*Macrobrachium carcinus*), crustacé le plus convoité en pêche traditionnelle, a un percentile 90 de 1563 µg/kg ce qui correspond à 78 fois la norme autorisée.

**Tableau 12. Contamination en chlordécone des poissons et crustacés sauvages et d'élevage, exprimée en percentile 90 calculé à partir de l'ensemble des lots d'une espèce.**

	Percentile 90 de la contamination au chlordécone (µg/kg PF)	Nombre de lots analysés	
Poissons	<i>Agonostomus monticola</i>	1212	17
	<i>Anguilla rostrata</i>	9545	21
	<i>Eleotris perniger</i>	5891	55
	<i>Gobiomorus dormitor</i>	92	11
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	983	4
	<i>Oreochromis sp.</i>	378	1
	<i>Sicydium sp.</i>	2695	52
Crustacés	<i>Atya innocous</i>	3005	43
	<i>Atya scabra</i>	4509	14
	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	4748	32
	<i>Macrobrachium carcinus</i>	1563	24
	<i>Macrobrachium crenulatum</i>	1741	14
	<i>Macrobrachium faustinum</i>	3254	21
	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	1107	24
	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	55	4
	<i>Cherax</i>	112	4

La **valeur maximale rencontrée sur l'ensemble des lots est de 31 288 µg/kg PF** (Figure 15) pour un lot de chevrette prélevé à la campagne de mai sur la **station Lasalle** (SMA005). Cette valeur représente un dépassement de près de 1 600 fois la norme (20 µg/kg).

En ce qui concerne la répartition de la contamination de la matière vivante sur les stations, les lots les plus contaminés en chlordécone sont retrouvés à la **station Lasalle (SMA005), Pont RN1 rivière Grande Anse (GAN009), Grand Galion (GAN008) et pont RN1 Basse Pointe (BPO010)**. Il s'agit de stations se trouvant dans la zone Nord Atlantique (Figure 16). Les stations en gras sont également les stations pour lesquelles la matrice eau est la plus contaminée.

**Aucune station n'est exempte de contamination au niveau de la matière vivante : au moins un des lots prélevés s'avère contaminé sur chaque station.**

Seulement 10 lots ont un niveau de contamination est inférieur au seuil de quantification (10 µg/kg PF) :

Espèce	Station	Rivière	Position
Colle-roche ( <i>Sicydium sp.</i> )	Croix Eustache (CAR314)	Carbet	amont
Mulet de rivière ( <i>A. monticola</i> )	Amont prise canal Habitation Céron (CER038)	Anse Céron	amont
Anguille ( <i>Anguilla rostrata</i> )	Amont prise canal Habitation Céron (CER038)	Anse Céron	amont
Z'habitant ( <i>M. carcinus</i> )	Amont prise canal Habitation Céron (CER038)	Anse Céron	amont
Mulet de rivière ( <i>A. monticola</i> )	Pont RN2 Bellefontaine (FCA026)	Fond Capot	aval
Bouc ( <i>Atya innocous</i> )	Bois l'étoile (GAN205)	Grande Anse	amont
Colle-roche ( <i>Sicydium sp.</i> )	Bois l'étoile (GAN205)	Grande Anse	amont
Colle-roche ( <i>Sicydium sp.</i> )	Gué rivière du Lorrain (LOR115)	Lorrain	amont
Colle-roche ( <i>Sicydium sp.</i> )	Savane Morestin (RMA440)	Roxelane	amont
Grand Bras ( <i>M. heterochirus</i> )	Savane Morestin (RMA440)	Roxelane	amont

Mais comme pour les espèces les moins touchées a priori, ce constat est à mettre en face des la contamination en eau sur ces sites qui sont tous situés sur des bassins peu ou pas contaminés ou sur des stations très en amont de bassins par ailleurs contaminés.

Ceci permet de mettre en avant une contamination moindre en tête de bassin (contaminé ou pas) mais l'existence d'individus contaminés sur l'intégralité du réseau hydrographique (lié au cycle de vie des espèces entraînant des migrations) donc une mise en garde généralisée sur la contamination des ces produits.

Pour le chlordécone-5B-hydro (Figure 17), seules 3% des stations ont une contamination supérieure à la norme et la plus forte valeur retrouvée est de 0,26 µg/L (2,6 fois la norme).

Les codes espèces à trois lettres pour la lecture de la Figure 15 sont donnés dans le tableau ci-dessous:

<i>Atya innocous</i>	AIN	<i>Anguilla rostrata</i>	ARO
<i>Atya scabra</i>	ASC	<i>Agonostomus monticola</i>	AMO
<i>Macrobrachium acanthurus</i>	MAC	<i>Eleotris perniger</i>	EPE
<i>Macrobrachium carcinus</i>	MCA	<i>Gobiomorus dormitor</i>	GDO
<i>Macrobrachium faustinum</i>	MFA	<i>Oreochromis mossambicus</i>	OMO
<i>Macrobrachium heterochirus</i>	MHE	<i>Oreochromis sp.</i>	ORE
<i>Cherax sp.</i>	CHE	<i>Sicydium sp.</i>	SIC
<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	MRO		

**Figure 15. Concentration en chlordécone retrouvées dans chaque lot de matière vivante, par station et aux trois campagnes d'échantillonnage (codes espèces ci-dessus).**

**Attention :** Les échelles sont différentes entre la colonne de gauche (max 5 000 µg/kg) et celle de droite (max 35 000 µg/kg) d'un rapport 7.

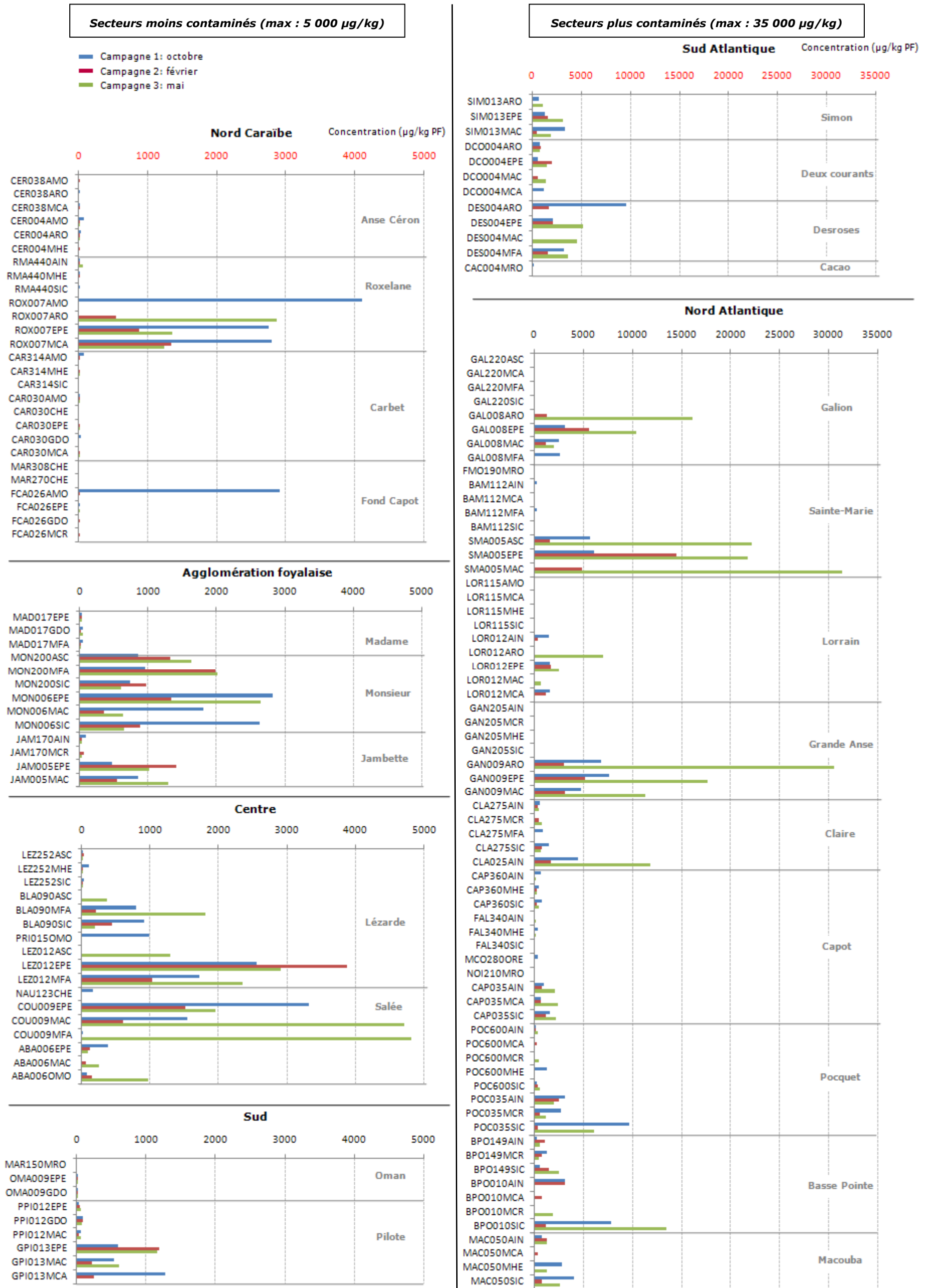
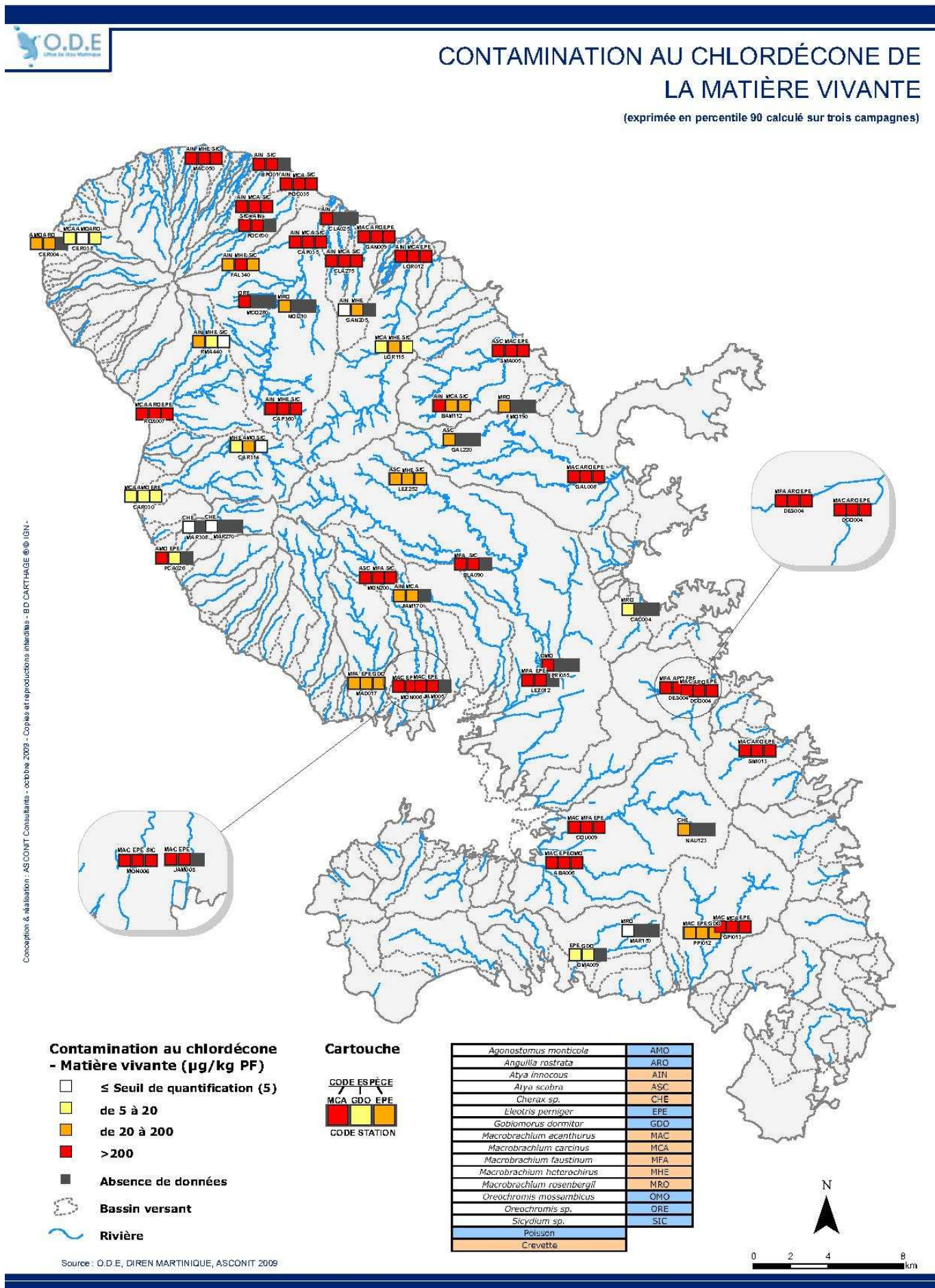
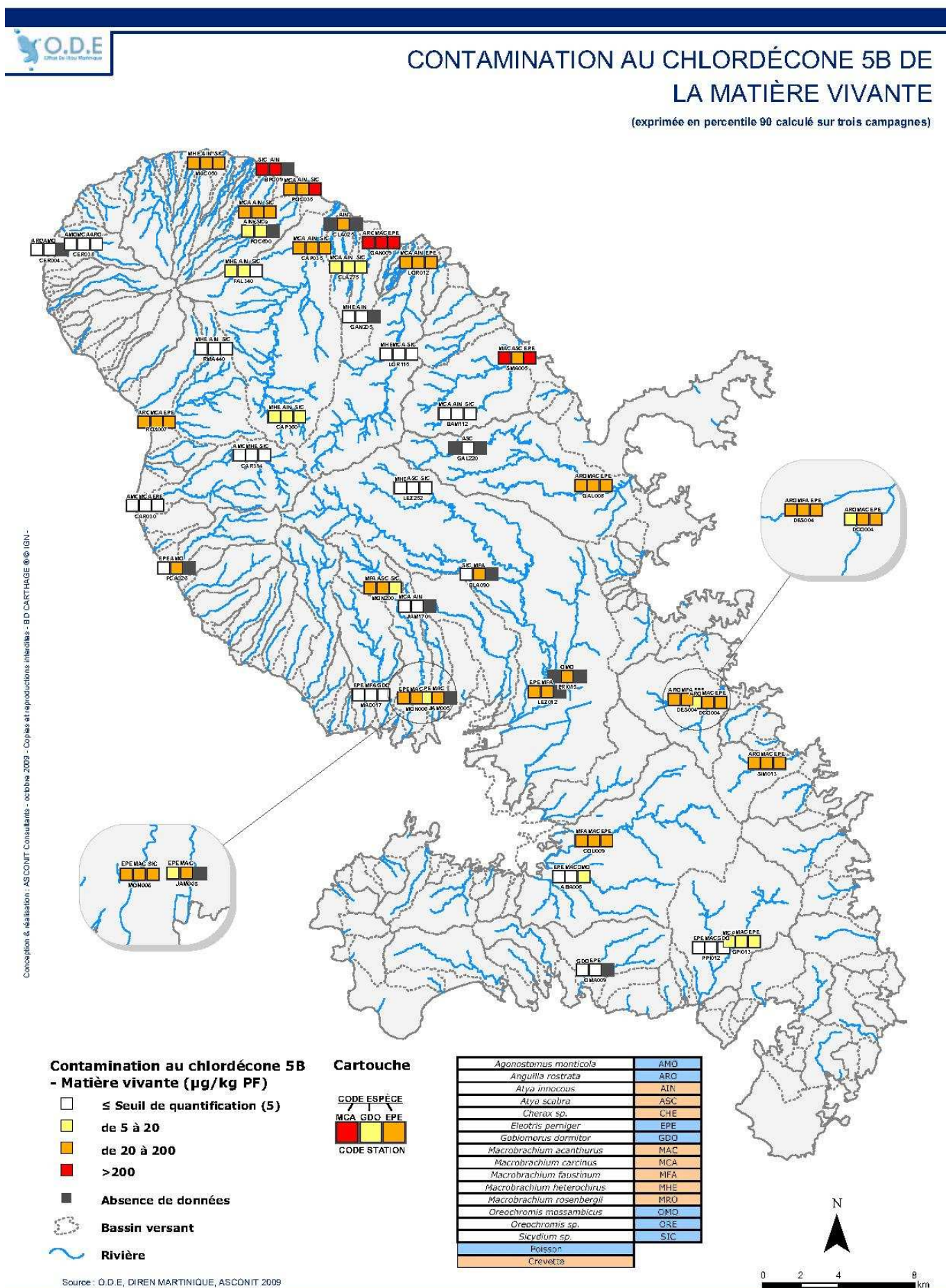


Figure 16. Carte de la contamination au chlordécone de la matière vivante.



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - octobre 2009 - Copies et reproductions interdites - BD CARTAGE © IGN

Figure 17. Carte de la contamination au chlordécone 5B hydro de la matière vivante.



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - octobre 2009 - Copies et reproductions interdites - BD CARTAGE © © IGN-

## **5.1.2. Résultats approfondis : eau, sédiments**

La volonté de comparaison des résultats entre zone amont ou aval d'une rivière ou par zone géographique provient de l'idée que la contamination dans le milieu naturel –eau, sédiments, matière vivante- prend son origine à partir du sol. Le niveau de contamination du sol est proportionnel à la durée et à la densité de l'exploitation de la terre en bananes. L'utilisation du chlordécone a cessé depuis 1993, ce qui devrait signifier que les terres cultivées pour la première fois en bananes après cette date sont exemptes de contamination. Pour les terres cultivées avant 1993, l'apport de contaminant a cessé mais le chlordécone est une substance très stable et très peu biodégradable.

### **Exploitation amont-aval**

La différence de contamination attendue entre l'amont et l'aval s'explique par la difficulté accrue de cultiver les zones amont, plus pentues et moins accessibles. Les stations des zones amont ont théoriquement été positionnées, selon la carte de contamination potentielle des sols, sur des zones à très faible probabilité de contamination (Cf. Annexe 7).

Comme on le voit dans le

Tableau 13, pour l'eau, les résultats démontrent que la différence entre l'amont et l'aval apparaît au niveau du taux de contamination, avec une proportion de résultats supérieurs à la norme près de deux fois plus importante à l'aval qu'à l'amont (60-63 % vs 33-39). Les stations de l'amont présentent, pour un peu plus de la moitié d'entre elles (50-70%), une contamination quantifiable (supérieur au seuil de quantification à 0,01 µg/L). Concernant le chlordécone-5b-hydro, seules les stations en zone aval sont contaminées au delà de la norme.

**Il en ressort que globalement, 66% des stations amont sont contaminées alors qu'elles devraient être exemptes à la lecture de la carte de contamination potentielle des sols BRGM/DIREN.**

L'analyse multicritère mise en œuvre pour la réalisation de cette carte prenait les trois critères majeurs suivants (Cartographie du risque de pollution des sols de Martinique par les organochlorés) :

- l'historique de l'occupation des sols en culture de la banane (sole bananière) depuis 1970 (données IRD),
- la pression parasitaire liée à la pluviométrie moyenne annuelle, et donc exprimée par celle-ci (données Météo-France),
- les différents types de sols relativement à leur capacité de rétention (données pédologiques IRD et CIRAD).

Sur cette base 300 sites de prélèvements pour analyses ont ainsi été proposés et précisément localisés sur fond IGN au 1/25 000.

A ce titre, cette cartographie peut être entachée de nombreux biais tels que les déclarations des zones plantées, l'usage supposé en fonction de la pression parasitaire (mal apprécié par les utilisateurs), l'usage supposé exclusif sur les cultures de bananes et surtout la faible couverture de prélèvements à l'échelle de la Martinique.



De plus, l'explication de la contamination avérée, d'une grande partie des stations amont, peut être que :

1) les stations ne sont pas exactement en zone de probabilité faible (faible précision de la carte de contamination des sols, difficultés d'accès plus amont pour la réalisation des prélèvements)

2) la contamination de l'eau ne correspond pas à la contamination du sol par la culture de banane mais pour d'autres utilisations connexes (utilisation fongicide ou insecticide).

Les stations amont pour lesquelles aucune contamination n'est détectée se trouvent sur les rivières de l'Anse Céron, du Carbet, Roxelane, Madame, Lézarde et Grande Anse.

**Tableau 13. Résultats pour l'eau selon la position amont-aval sur le cours d'eau**

A) Chlordécone

Stations	Stations non-contaminées			Stations contaminées ( $\geq$ SQ*)			Proportion de stations contaminées (%)			Valeur max ( $\mu$ g/L)			Stations supérieures à la norme (0,1 $\mu$ g/l)			Proportion de stations supérieures à la norme (%)		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
<b>Campagnes</b>																		
Amont	11	7	6	13	16	17	<b>54</b>	<b>70</b>	<b>74</b>	2,2	2	2,8	8	8	9	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>39</b>
Intermédiaire	7	9	6	16	15	18	<b>70</b>	<b>63</b>	<b>75</b>	4,36	3	6,1	12	13	13	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
Aval	12	11	12	28	29	28	<b>70</b>	<b>73</b>	<b>70</b>	4,28	2,4	3,65	24	25	25	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>57</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>66</b>	<b>69</b>	<b>72</b>	<b>4,3</b> <b>6</b>	<b>3,0</b> <b>0</b>	<b>6,1</b> <b>0</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>51</b>	<b>53</b>	<b>54</b>

B) Chlordécone-5b-hydro

Stations	Stations non-contaminées			Stations contaminées ( $\geq$ SQ*)			Proportion de stations contaminées (%)			Valeur max ( $\mu$ g/L)			Stations supérieures à la norme (0,1 $\mu$ g/l)			Proportion de stations supérieures à la norme (%)		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
<b>Campagnes</b>																		
Amont	17	13	16	6	9	7	<b>26</b>	<b>41</b>	<b>30</b>	0,03	0,05	0,04	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Intermédiaire	14	11	14	6	12	10	<b>30</b>	<b>52</b>	<b>42</b>	0,06	0,1	0,1	0	1	1	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
Aval	14	17	18	14	23	22	<b>50</b>	<b>58</b>	<b>55</b>	0,26	0,21	0,16	3	2	2	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>48</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	<b>39</b>	<b>37</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>0,2</b> <b>6</b>	<b>0,2</b> <b>1</b>	<b>0,1</b> <b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

\*Seuil de quantification à 0,01  $\mu$ g/L

**Pour les sédiments** (Tableau 14), il est difficile de dégager une tendance sur la différence de contamination entre l'amont et l'aval dans la mesure où le nombre de prélèvements réalisés sur les stations amont est bien inférieur à celui réalisé sur les stations aval. A la campagne 3, un plus grand nombre de stations amont ont été prélevées afin de permettre l'analyse amont-aval sur certains bassins versants.

Le chlordécone-5b-hydro n'est retrouvé que sur deux stations en position amont.

Les différences inter-campagnes seront discutées dans un paragraphe suivant.

L'analyse détaillée (Tableau 15) intra bassin ne prend en compte que les bassins versants ayant à la fois un prélèvement en zone amont et en zone aval ou en zone intermédiaire et aval ou au niveau des trois zones. Elle se base donc sur un très faible nombre de données.

Il ressort de cette analyse comparée que les niveaux de contamination semblent plus élevés à l'amont qu'à l'aval lors de la deuxième campagne. En campagne 3, l'inverse est observé mais de manière moins marquée.

**Tableau 14. Résultats pour les sédiments selon la position amont-aval sur le cours d'eau**

A) Chlordécone

Stations	Stations non-contaminées		Stations contaminées ( $\geq$ SQ*)		Proportion de stations contaminées (%)		Valeur max ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
	C2	C3	C2	C3	C2	C3	C2	C3
<b>Campagnes</b>								
Amont	2	11	3	2	<b>60</b>	<b>15</b>	746	40
Intermédiaire	4	6	3	1	<b>43</b>	<b>14</b>	299	12
Aval	14	19	16	10	<b>53</b>	<b>34</b>	140	68
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>52</b>	<b>27</b>	<b>746</b>	<b>68</b>

B) Chlordécone-5b-hydro

Stations	Stations non-contaminées		Stations contaminées ( $\geq$ SQ*)		Proportion de stations contaminées (%)		Valeur max ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	
	C2	C3	C2	C3	C2	C3	C2	C3
<b>Campagnes</b>								
Amont	3	13	2	0	<b>40</b>	<b>0</b>	24	0
Intermédiaire	7	7	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	0
Aval	30	29	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	0	0
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>0</b>

\*Seuil de quantification à 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$

**Tableau 15. Résultats détaillés de la contamination au chlordécone des sédiments, pour les bassins versants échantillonnés à plusieurs niveaux.**

Bassin versant	Campagne	Résultat ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )		
		Amont	Intermédiaire	Aval
<b>Campagne 2</b>	Nb stations communes	4		4
	Moyenne	<b>190</b>		<b>11</b>
	Nb stations communes		3	3
	Moyenne		<b>180</b>	<b>18</b>
<b>Campagne 3</b>	Nb stations communes	12		12
	Moyenne	<b>5</b>		<b>12</b>

## Zone géographique

Les zones géographiques sont celles définies par la Figure 5. Une superposition avec la carte de contamination potentielle des sols permet de définir : un risque élevé pour la zone nord Atlantique, un risque très faible pour la zone Nord Caraïbe sauf au niveau du bassin versant de la rivière Roxelane où le risque est élevé ; un risque très faible pour l'agglomération foyalaise ; un risque moyen pour la zone centre ; un risque faible pour la zone sud et enfin un risque moyen pour la zone sud atlantique.

**Pour l'eau** (Tableau 16), les plus fortes proportions de stations dont les résultats sont supérieurs au seuil de quantification sont celles des zones Nord Atlantique et Centre pour le chlordécone (80 à 97 % selon les stations) et son dérivé (48 à 77%). Ce sont ces mêmes zones qui ont le plus fort taux de dépassement de la norme pour le chlordécone, soit entre 70 et 80% des résultats. Viennent ensuite l'agglomération foyalaise et le sud Atlantique.

La zone la moins touchée par la pollution au chlordécone est bien la zone Nord Caraïbe, avec seulement 14 à 21% des stations dépassant le seuil de quantification et 7% dépassant la norme. Ce dernier chiffre se réfère uniquement aux résultats des stations du bassin versant de la Roxelane.

Le niveau de contamination de l'eau des différentes zones est cohérent avec le niveau de risque présenté par la carte de contamination potentielle des sols, sauf pour l'agglomération foyalaise qui révèle une proportion relativement forte de stations contaminées. Cette contamination provient essentiellement des rivières Longvilliers et Monsieur.

**Tableau 16. Résultats pour l'eau par zone géographique.**

### A) Chlordécone

Stations	Stations non-contaminées			Stations contaminées (≥SQ*)			Proportion de stations contaminées (%)			Valeur max (µg/l)			Stations supérieures à la norme (0,1 µg/l)			Proportion de stations supérieures à la norme (%)		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
<b>Campagnes</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>
Nord Caraïbe	11	12	11	3	2	3	21 %	14 %	21 %	0,43	0,64	0,49	1	1	1	7%	7%	7%
Agglomération Foyalaise	3	4	3	9	7	8	75 %	64 %	73 %	1,8	1,7	2,8	5	5	5	42 %	45 %	45 %
Centre	3	1	2	12	13	12	80 %	93 %	86 %	2,2	2	2,11	11	11	11	73 %	79 %	79 %
Sud	3	3	4	3	3	2	50 %	50 %	33 %	0,52	0,35	0,17	1	1	1	17 %	17 %	17 %
Sud Atlantique	4	3	3	5	6	6	56 %	67 %	67 %	0,96	0,53	0,86	4	4	4	44 %	44 %	44 %
Nord Atlantique	6	4	1	25	29	32	81 %	88 %	97 %	4,36	3	6,1	22	24	25	71 %	73 %	76 %
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>57</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>66</b> %	<b>69</b> %	<b>72</b> %	<b>4,3</b> <b>6</b>	<b>3,0</b> <b>0</b>	<b>6,10</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>47</b>	<b>51</b> %	<b>53</b> %	<b>54</b> %

**B) Chlordécone-5b-hydro**

Stations	Stations non-contaminées			Stations contaminées (≥SQ*)			Proportion de stations contaminées (%)			Valeur max (µg/l)			Stations supérieures à la norme (0,1 µg/l)			Proportion de stations supérieures à la norme (%)		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
<b>Campagnes</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>48</b>	<b>34</b>	<b>48</b>	<b>39</b>	<b>43</b>	<b>54</b>	<b>45%</b>	<b>0,2</b>	<b>2,1</b>	<b>0,1</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>4%</b>	<b>11</b>	<b>3%</b>
Nord Caraïbe	10	12	13	9	2	1	47%	14%	7%	0,01	0,07	0,05	0	0	0	0%	0%	0%
Agglomération Foyalaïse	5	6	6	5	5	5	50%	45%	45%	0,04	0,03	0,03	0	0	0	0%	0%	0%
Centre	6	3	4	4	10	10	40%	77%	71%	0,04	0,06	0,05	0	0	0	0%	0%	0%
Sud	4	5	6	1	1	0	20%	17%	0%	0,01	0,01	0	0	0	0	0%	0%	0%
Sud Atlantique	6	5	6	2	8	3	25%	62%	33%	0,03	2,1	0,03	0	7	0	0%	54%	0%
Nord Atlantique	14	10	13	13	22	20	48%	69%	61%	0,26	0,21	0,16	3	3	3	11%	9%	9%

\*Seuil de quantification à 0,01 µg/L

**Pour les sédiments** (Tableau 17), le déséquilibre entre les deux campagnes mis en avant dans l'analyse amont-aval se retrouve cette fois encore. En considérant conjointement les deux campagnes, ce sont les zones de l'agglomération foyalaïse et du nord atlantique qui ont les plus fortes proportions de stations contaminées.

Ce sont également ces deux seules zones qui présentent une contamination au chlordécone-5b-hydro, ce pour la campagne 2.

**Tableau 17. Résultats pour les sédiments par zone géographique****A) Chlordécone**

Stations	Stations non-contaminées		Stations contaminées (≥SQ*)		Proportion de stations contaminées (%)		Valeur max (µg/kg)	
	C2	C3	C2	C3	C2	C3	C2	C3
<b>Campagnes</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>52%</b>	<b>27%</b>	<b>746</b>	<b>68</b>
Nord Caraïbe	3	6	1	0	25%	0%	15	0
Agglomération Foyalaïse	0	4	5	2	100%	33%	746	19
Centre	4	4	3	4	43%	50%	15	40
Sud	4	4	0	0	0%	0%	0	0
Sud Atlantique	6	6	2	2	25%	25%	26	24
Nord Atlantique	3	12	11	5	79%	29%	299	68

**B) Chlordécone-5b-hydro**

Stations	Stations non-contaminées		Stations contaminées (≥SQ*)		Proportion de stations contaminées (%)		Valeur max (µg/kg)	
	C2	C3	C2	C3	C2	C3	C2	C3
<b>Campagnes</b>	<b>40</b>	<b>49</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>5%</b>	<b>0%</b>	<b>24</b>	<b>0</b>
Nord Caraïbe	4	6	0	0	0%	0%	0	0
Agglomération Foyalaïse	4	6	1	0	20%	0%	24	0
Centre	7	8	0	0	0%	0%	0	0
Sud	4	4	0	0	0%	0%	0	0
Sud Atlantique	8	8	0	0	0%	0%	0	0
Nord Atlantique	13	17	1	0	7%	0%	14	0

\*Seuil de quantification à 10 µg/kg

## 5.1.3. Résultats approfondis : matière vivante

Les poissons et crustacés étant des organismes dont le cycle de vie entraîne des déplacements entre les cours d'eau et la mer (cf.§ 2.3), il n'est pas possible d'associer le niveau de contamination des individus au niveau de contamination du sol comme il a été fait pour l'eau et les sédiments.

Les tests statistiques (Cf. Annexe 8) réalisés démontrent que globalement, la contamination des individus est corrélée à la contamination de l'eau. Pourtant, l'observation détaillée des résultats révèle qu'il existe sur certains cours d'eau dépourvus de contamination, des individus contaminés.

Se présentent trois types de cas :

- l'eau de la rivière, tant à l'amont qu'à l'aval, n'est pas contaminée par le chlordécone. Il s'agit des rivières Anse Céron et Carbet. Pourtant les lots récoltés sont en partie ou tous contaminés.

- la partie amont ou un affluent de la rivière est exempte de contamination sur l'eau. C'est le cas des rivières Roxelane, Lézarde, Lorrain et Capot. Les lots prélevés sur ces zones s'avèrent contaminés, bien que leurs niveaux de contamination soient inférieurs à ceux retrouvés dans les lots prélevés à l'aval.

- une seule station en aval du bassin versant est inventoriée à la fois en eau et en matière vivante. Cette dernière ne présente pas de contamination de l'eau alors que la matière vivante est contaminée. Cette situation concerne les rivières Fond Capot, Madame et Oman.

**Tableau 18. Lien entre contamination de la matière vivante et contamination de l'eau.**

	Station	Contamination moyenne MV (µg/kg PF)	Contamination eau (µg/l)
Amont	CER038	3,9	0,00
Aval	CER004	23,5	0,00
Amont	RMA440	10,8	0,00
Aval	ROX007	1979	0,52
Amont	CAR314	10,3	0,00
Aval	CAR030	11,9	0,00
Aval	FCA026	422,7	0,00
Aval	MAD017	32,7	0,00
Amont	LEZ252	27	0,00
Aval	LEZ012	2248,3	0,60
Aval	OMA009	14,2	0,00
Amont	LOR115	22	0,00
Aval	LOR012	2055,1	0,41
Amont	CAP360	420,8	0,04
Affluent	FAL340	119,9	0,00
Aval	CAP035	1433,2	0,54

### Amont-aval

Cette comparaison ainsi que la comparaison par zone géographique, font abstraction des différences d'espèces et de la taille des individus entre les lots.

D'une manière générale la contamination au chlordécone des individus est légèrement moins importante à l'amont. La proportion de lots contaminés reste forte (plus de 80%) mais la proportion de lots supérieurs à la norme est entre 60 et 70% (Tableau 19). Les valeurs maximales de contamination à l'amont sont de 6 à 15 fois inférieures à celles retrouvées à l'aval.

La contamination par le chlordécone-5b-hydro n'est pas négligeable pour la matière vivante, ce qui n'était pas le cas pour les autres matrices. La tendance amont-aval est similaire mais la différence de résultats entre les deux zones est plus marquée.

**Il faut donc bien intégrer qu'une rivière ou une zone de rivière qui n'a jamais été cultivée en banane ou qui ne présente pas de contamination de l'eau au chlordécone, est vraisemblablement occupée par des espèces qui elles, sont contaminées.** Même si la contamination moyenne de ces sites n'est pas forcément supérieure à la valeur de 20 µg/kg (PF) fixée par la norme, mais le principe de précaution va dans le sens d'une limitation de la pêche également pour ces zones.

### **Zone géographique**

Le nord caraïbe est la seule zone à présenter un pourcentage de contamination des lots inférieur à 100% pour les trois campagnes (Tableau 20). Les plus grandes proportions de lots dont la contamination est supérieure à la norme se retrouvent en zone Sud Atlantique et Agglomération foyalaise, alors que les maximums de contamination se reportent à la zone Nord Atlantique. Ceci signifie donc que la zone Nord Atlantique se compose de secteurs cibles à fortes contamination ainsi que de secteurs, a priori en zone amont, moins contaminés.

Le dérivé chlordécone-5b-hydro est toujours retrouvé en proportion supérieure à la norme sauf pour la zone Sud. Les plus fortes proportions de lots contaminés supérieurs à la norme se retrouvent au Sud Atlantique, Nord Atlantique et Agglomération foyalaise.

Les points à retenir sur cette analyse sont que :

- la contamination de la matière vivante à l'amont des cours d'eau est moins marquée mais présente avec plus de 50% des lots dépassant la norme ;
- les zones les plus touchées sont le Nord Atlantique, l'Agglomération foyalaise et le Sud Atlantique ;
- contrairement aux autres matrices (eau et sédiments), la matière vivante présente une forte contamination au chlordécone-5b-hydro.

Tableau 19. Résultats pour la matière vivante par position amont-aval sur le cours d'eau

## A) Chlordécone

Stations	Lots non-contaminés			Lots contaminés (≥SQ*)			Proportion de lots contaminés			Valeur max (µg/kg PF)			Lots supérieurs à la norme (20 µg/kg PF)			Proportion de lots supérieurs à la norme		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Amont	5	3	9	34	37	29	87%	93%	76%	1 549	1 986	2 017	27	25	24	69%	63%	63%
Intermédiaire	3	0	0	14	11	11	82%	100%	100%	1 335	1 512	2 567	14	11	11	82%	100%	100%
Aval	1	0	1	60	62	61	98%	100%	98%	9 708	14 458	31 288	54	52	52	89%	84%	84%
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>101</b>	<b>92%</b>	<b>97%</b>	<b>91%</b>	<b>9 708</b>	<b>14 458</b>	<b>31 288</b>	<b>95</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>81%</b>	<b>78%</b>	<b>78%</b>

## B) Chlordécone 5b-hydro

Stations	Lots non-contaminés			Lots contaminés (≥SQ*)			Proportion de lots contaminés			Valeur max (µg/kg PF)			Lots supérieurs à la norme (20 µg/kg PF)			Proportion de lots supérieurs à la norme		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Amont	23	27	24	15	13	14	39%	33%	37%	58	54	108	3	5	5	8%	13%	13%
Intermédiaire	5	6	5	6	5	6	55%	45%	55%	17	15	23	0	0	1	0%	0%	9%
Aval	13	17	15	46	45	47	78%	73%	76%	603	266	754	41	33	44	69%	53%	71%
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>67</b>	<b>62%</b>	<b>56%</b>	<b>60%</b>	<b>603</b>	<b>266</b>	<b>754</b>	<b>44</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>41%</b>	<b>34%</b>	<b>45%</b>

\*Seuil de quantification à 5µg/kg PF

Tableau 20. Résultats pour la matière vivante par position géographique

## A) Chlordécone

Stations	Lots non-contaminés			Lots contaminés (≥SQ*)			Proportion de lots contaminés			Valeur max (µg/kg PF)			Lots supérieurs à la norme (20 µg/kg PF)			Proportion de lots supérieurs à la norme		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Nord Caraïbe	6	3	8	15	18	11	71%	86%	58%	4 094	1 333	2 867	9	3	4	43%	14%	21%
Agglomération																		
Foyalaïse	0	0	0	12	13	13	100%	100%	100%	2 818	1 986	2 640	12	13	12	100%	100%	92%
Centre	0	0	0	14	12	15	100%	100%	100%	3 324	3 873	4 815	12	10	13	86%	83%	87%
Sud	1	0	0	8	8	7	89%	100%	100%	1 275	1 193	1 155	6	7	5	67%	88%	71%
Sud Atlantique	0	0	0	10	8	9	100%	100%	100%	9 545	2 080	5 190	9	8	9	90%	100%	100%
Nord Atlantique	2	0	2	49	51	46	96%	100%	96%	9 708	14 458	31 288	47	47	44	92%	92%	92%
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>101</b>	<b>92%</b>	<b>97%</b>	<b>91%</b>	<b>9 708</b>	<b>14 458</b>	<b>31 288</b>	<b>95</b>	<b>88</b>	<b>87</b>	<b>81%</b>	<b>78%</b>	<b>78%</b>

## B) Chlordécone-5b-hydro

Stations	Lots non-contaminés			Lots contaminés (≥SQ*)			Proportion de lots contaminés			Valeur max (µg/kg PF)			Lots supérieurs à la norme (20 µg/kg PF)			Proportion de lots supérieurs à la norme		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Nord Caraïbe	14	18	16	4	3	3	22%	14%	16%	169	38	165	4	2	3	22%	10%	16%
Agglomération																		
Foyalaïse	4	5	6	8	8	7	67%	62%	54%	44	47	108	5	4	6	42%	31%	46%
Centre	7	6	6	6	6	9	46%	50%	60%	84	44	130	5	3	7	38%	25%	47%
Sud	5	5	5	3	3	2	38%	38%	29%	14	15	18	0	0	0	0%	0%	0%
Sud Atlantique	0	0	0	9	8	9	100%	100%	100%	114	59	180	6	6	8	67%	75%	89%
Nord Atlantique	11	16	11	37	35	37	77%	69%	77%	603	266	754	24	23	26	50%	45%	54%
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>67</b>	<b>62%</b>	<b>56%</b>	<b>60%</b>	<b>603</b>	<b>266</b>	<b>754</b>	<b>44</b>	<b>38</b>	<b>50</b>	<b>41%</b>	<b>34%</b>	<b>45%</b>

\*Seuil de quantification à 5µg/kg PF

## 5.1.4. Effet de l'hydrologie

La moyenne des résultats de l'ensemble des stations ou des lots par campagne est utilisée pour comparer les campagnes entre elles.

Il est rappelé ici que les campagnes 1 et 3 se sont déroulées après des crues alors que la situation hydrologique précédant la campagne 2 a été un étiage peu appuyé mais relativement stable.

Il en ressort que pour le chlordécone, la campagne 2 se distingue peu des deux autres campagnes (ou de la campagne 3 dans le cas des sédiments) pour l'eau, par de plus faibles concentrations moyennes pour la matière vivante et à l'opposé une plus forte concentration moyenne pour les sédiments (Tableau 21).

Là encore, il est nécessaire d'imposer plusieurs limites à ce constat :

- d'une part pour les sédiments, la mesure sur Longvilliers augmente à elle seule la moyenne générale. Cependant, le Tableau 17 présente bien une contamination plus élevée en deuxième campagne.
- D'autre part, comme pour toute l'analyse, le biais constant des lots de matière vivante (taille des individus, exposition à différents niveau d'exposition...) fait que cet effet est à prendre avec des précautions mais d'une manière générale l'hydrologie semble impliquer une hausse de contamination.

Pour le dérivé du chlordécone, la tendance se distingue nettement uniquement pour les sédiments.

**Tableau 21. Contamination moyenne des matrices eau, sédiments et matière vivante aux trois campagnes**

	Chlordécone			Chlordécone-5b-hydro		
	Eau (µg/l)	Sédiments (µg/kg MS)	Matière vivantes (µg/kg PF)	Eau (µg/l)	Sédiments (µg/kg MS)	Matière vivantes (µg/kg PF)
<b>C1</b>	0,51		1391	0,02		39
<b>C2</b>	0,48	46,02	672	0,02	0,90	21
<b>C3</b>	0,52	6,21	2223	0,01	0,00	55

Une hypothèse serait que les sédiments se chargent en contaminants avec le temps par le dépôt de matière organique. Une crue aurait pour effet d'éliminer cette accumulation par la remise en suspension d'une partie cette phase (MES). Il y aurait donc transfert d'une partie de la contamination des sédiments vers l'eau en condition hydrologique perturbée, ce qui expliquerait l'opposition des résultats entre eau et sédiments. Mais ceci reste à analyser plus finement.

En ce qui concerne la matière vivante, plusieurs facteurs peuvent être en cause pour expliquer les différences : le transfert par l'alimentation, l'excrétion, le mouvement des individus en réponse à la crue, le changement d'alimentation...



## 5.2. Hexachlorocyclohexane

Les dérivés de l'HCH ont été recherchés au niveau des stations de type 2 (30 stations eau et 22 matière vivante, soit les stations situées à l'aval des bassins versants (à l'exception des quelques stations du réseau pesticide).

### Eau

**Le  $\beta$ -HCH est le dérivé le plus souvent retrouvé**, avec un total de 13 stations contaminées, soit 42% des stations. Parmi ces stations, 7 présentent des valeurs au-delà de la norme à 0,1  $\mu\text{g/l}$ . La zone la plus contaminée est le Nord Atlantique et les plus fortes valeurs se retrouvent sur les stations Pocquet RN1, Camping macouba et Pont RN1 Basse-Pointe (Tableau 22 et Figure 18). **La plus forte valeur est de 1  $\mu\text{g/l}$  retrouvée à la station Pocquet RN1 en campagne 2.**

Le  $\alpha$ -HCH et le  $\gamma$ -HCH sont retrouvés en proportions équivalente avec un total de 3 stations communes contaminées : Lasalle, Brasserie Lorraine et Pont RN1 Basse Pointe.

Le  $\delta$ -HCH n'est retrouvé qu'à la station Pont RN1 Basse Pointe.

### Sédiments

Sur les sédiments, seuls les dérivés  $\beta$ -HCH et  $\gamma$ -HCH sont retrouvés (Tableau 23 et Figure 18), et uniquement à la campagne 2. Le premier dérivé est retrouvé sur deux stations à une concentration égale au seuil de quantification et le second est retrouvé sur une seule station au-delà du seuil de quantification.

### Matière vivante

**Le  $\beta$ -HCH est le dérivé le plus retrouvé au sein de la matière vivante**, avec dix espèces contaminées. Les valeurs les plus importantes sont retrouvées d'abord chez la crevette *M.crenulatum*, puis chez les poissons *Sicydium sp.* et *A.rostrata* (Tableau 24 et Figure 19). **La plus forte valeur est de 527  $\mu\text{g/kg PF}$  pour le lot du poisson *Sicydium sp.* pêché en 3<sup>ème</sup> campagne à la station Pocquet RN1.**

Les stations présentant les plus fortes valeurs de cette molécule sont Pocquet RN1, Pont RN1 Basse-Pointe et Pont RN1 Rivière Grande Anse.

Les autres dérivés ne sont retrouvés que sur un maximum de quatre espèces.

Tableau 22. Résultats moyens des dérivés HCH recherchés pour la matrice eau

		$\alpha$ -HCH			$\beta$ -HCH			$\gamma$ -HCH			$\delta$ -HCH		
		Moyenne ( $\mu\text{g/l}$ )	Percentile 90 ( $\mu\text{g/l}$ )	nombre de valeurs dépassant la norme	Moyenne ( $\mu\text{g/l}$ )	Percentile 90 ( $\mu\text{g/l}$ )	nombre de valeurs dépassant la norme	Moyenne ( $\mu\text{g/l}$ )	Percentile 90 ( $\mu\text{g/l}$ )	nombre de valeurs dépassant la norme	Moyenne ( $\mu\text{g/l}$ )	Percentile 90 ( $\mu\text{g/l}$ )	nombre de valeurs dépassant la norme
Nord Caraïbe	CER004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ROX007	0	0	0	0,053	0,074	0	0	0	0	0	0	0
	CAR046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CAR030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FCA026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agglomération	MAD115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAD017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MON006	0	0	0	0,020	0,020	0	0	0	0	0	0	0
	JAM005	0	0	0	0,003	0,008	0	0	0	0	0	0	0
Centre	LEZ252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PLE054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LEZ045	0	0	0	0,007	0,010	0	0	0	0	0	0	0
	PRI015	0,007	0,016	0	0,117	0,250	1	0,003	0,008	0	0	0	0
	LEZ012	0	0	0	0,007	0,010	0	0	0	0	0	0	0
	LEZ010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud	COU009	0	0	0	0,010	0,010	0	0	0	0	0	0	0
	OMA009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GPI013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sud Atlantique	SIM013	0	0	0	0,003	0,008	0	0	0	0	0	0	0
	DCO004	0	0	0	0,002	0,006	0	0	0	0	0	0	0
Nord Atlantique	GAL008	0	0	0	0,010	0,010	0	0	0	0	0	0	0
	SMA014	0	0	0	0,100	0,100	0	0	0	0	0	0	0
	SMA005	0,047	0,106	1	0,087	0,142	2	0,117	0,280	1	0	0	0
	LOR115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOR012	0	0	0	0,007	0,010	0	0	0	0	0	0	0
	GAN009	0	0	0	0,100	0,146	1	0	0	0	0	0	0
	CLA025	0	0	0	0,160	0,212	3	0	0	0	0	0	0
	CAP035	0	0	0	0,027	0,036	0	0	0	0	0	0	0
	POC035	0,000	0,000	0	0,733	0,936	3	0	0	0	0	0	0
	BPO010	0,003	0,008	0	0,573	0,780	3	0,003	0,008	0	0,003	0,008	0
MAC050	0	0	0	0,597	0,790	3	0	0	0	0	0	0	
<b>Nombre de stations contaminées (<math>\geq</math>SQ 0,01 <math>\mu\text{g/l}</math>)</b>		<b>1</b>			<b>13</b>			<b>1</b>			<b>0</b>		
<b>Nombre de stations au-delà de la norme (<math>&gt;</math>0,1 <math>\mu\text{g/l}</math>)</b>		<b>1</b>			<b>7</b>			<b>1</b>			<b>0</b>		

Tableau 23. Résultats des dérivés HCH recherchés pour la matrice sédiments

	$\beta$ -HCH ( $\mu\text{g/kg MS}$ )		$\gamma$ -HCH ( $\mu\text{g/kg MS}$ )	
	C2	C3	C2	C3
JAM005	10	0	121	0
GAL008	10	0	0	0

**Tableau 24. Résultats moyens des dérivés HCH recherchés pour la matrice matière vivante**

		$\alpha$ -HCH		$\beta$ -HCH		$\gamma$ -HCH		$\delta$ -HCH	
		Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	percentile 90 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	percentile 90 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	percentile 90 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)	percentile 90 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ PF)
crustacés	<i>Atya innocous</i>	0	0	79,7	93,2	0	0	0,1	0,3
	<i>Atya scabra</i>	0	0	31,8	37,3	1,3	3,0	0	0
	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	0	0	1,3	3,2	0	0	0	0
	<i>Macrobrachium carcinus</i>	0	0	1,4	2,2	0	0	0,3	0,7
	<i>Macrobrachium crenulatum</i>	0	0	116,3	179,2	0	0	0	0
	<i>Macrobrachium faustinum</i>	0	0	0,2	0,4	0	0	0	0
	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	0	0	14,3	26,6	0	0	0	0
poissons	<i>Agonostomus monticola</i>	0	0	4,3	8,9	0	0	0	0
	<i>Anguilla rostrata</i>	0,9	2,0	49,1	98,6	0,9	1,4	0,1	0,2
	<i>Eleotris perniger</i>	0	0	2,8	3,3	0,1	0,3	0	0
	<i>Gobiomorus dormitor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Oreochromis mossambicus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Sicydium sp.</i>	0,4	0,6	90,4	144,7	0	0	0,1	0,2
<b>Nombre d'espèces contaminées (<math>\geq</math>SQ 1 <math>\mu\text{g}/\text{kg}</math> PF)</b>		<b>0</b>		<b>10</b>		<b>1</b>		<b>0</b>	

En résumé, les deux formes d'hexachlorocyclohexane les plus retrouvées dans l'environnement sont le  $\beta$ -HCH et  $\gamma$ -HCH. Les concentrations de  $\beta$ -HCH dans l'eau dépassent la norme pour la majorité des stations aval du Nord Atlantique. Il n'y a pas de norme en ce qui concerne la matière vivante, mais certaines valeurs sont au-delà de 50  $\mu\text{g}/\text{kg}$  PF. Les espèces les plus touchées sont *M.crenulatum*, *Sicydium sp.* et *A.rostrata*. La station la plus contaminée en  $\beta$ -HCH pour l'eau et la matière vivante est Pocquet RN1.

Figure 18. Carte de la contamination au  $\beta$ HCH des matrices eau et sédiments.

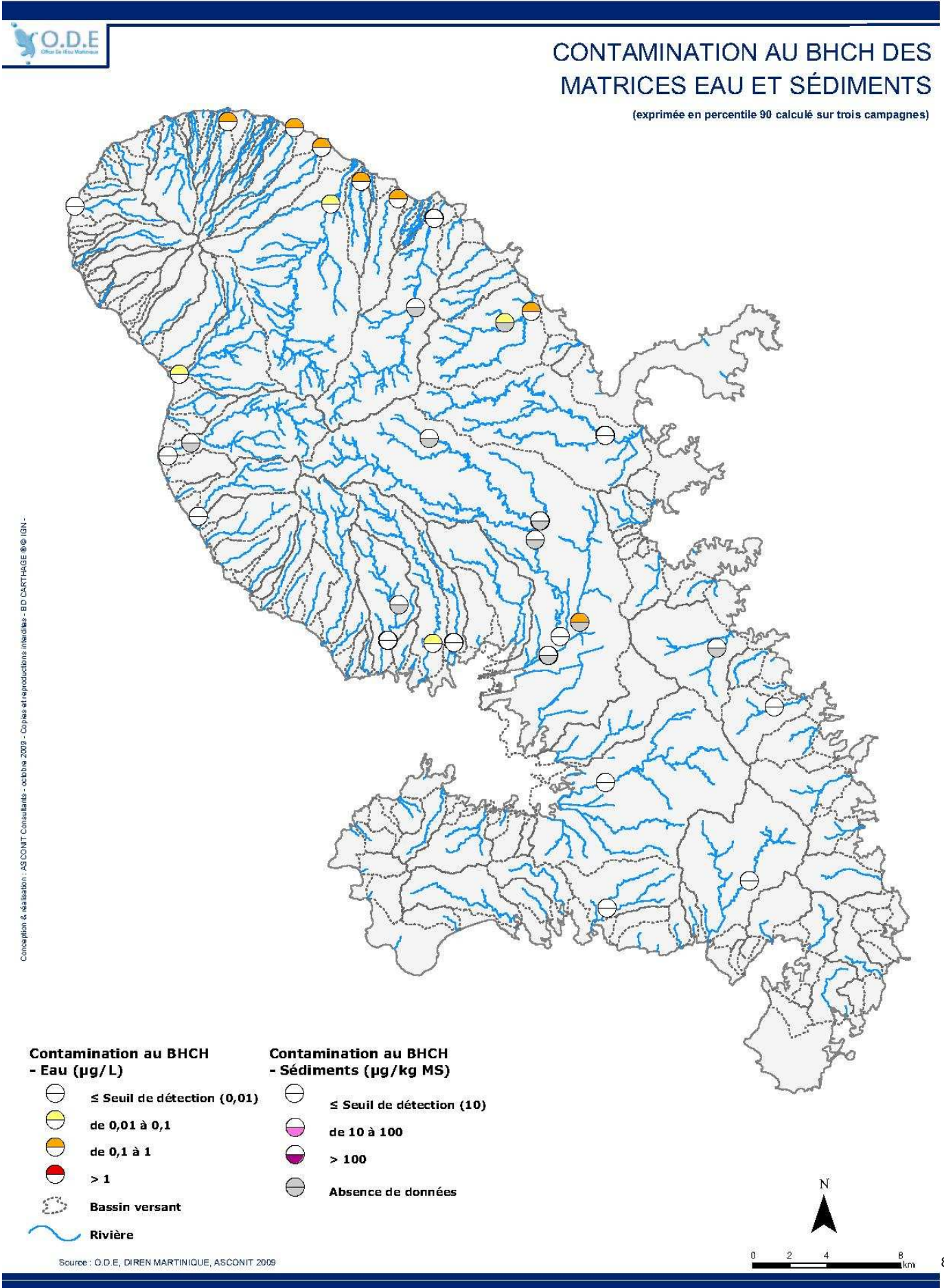
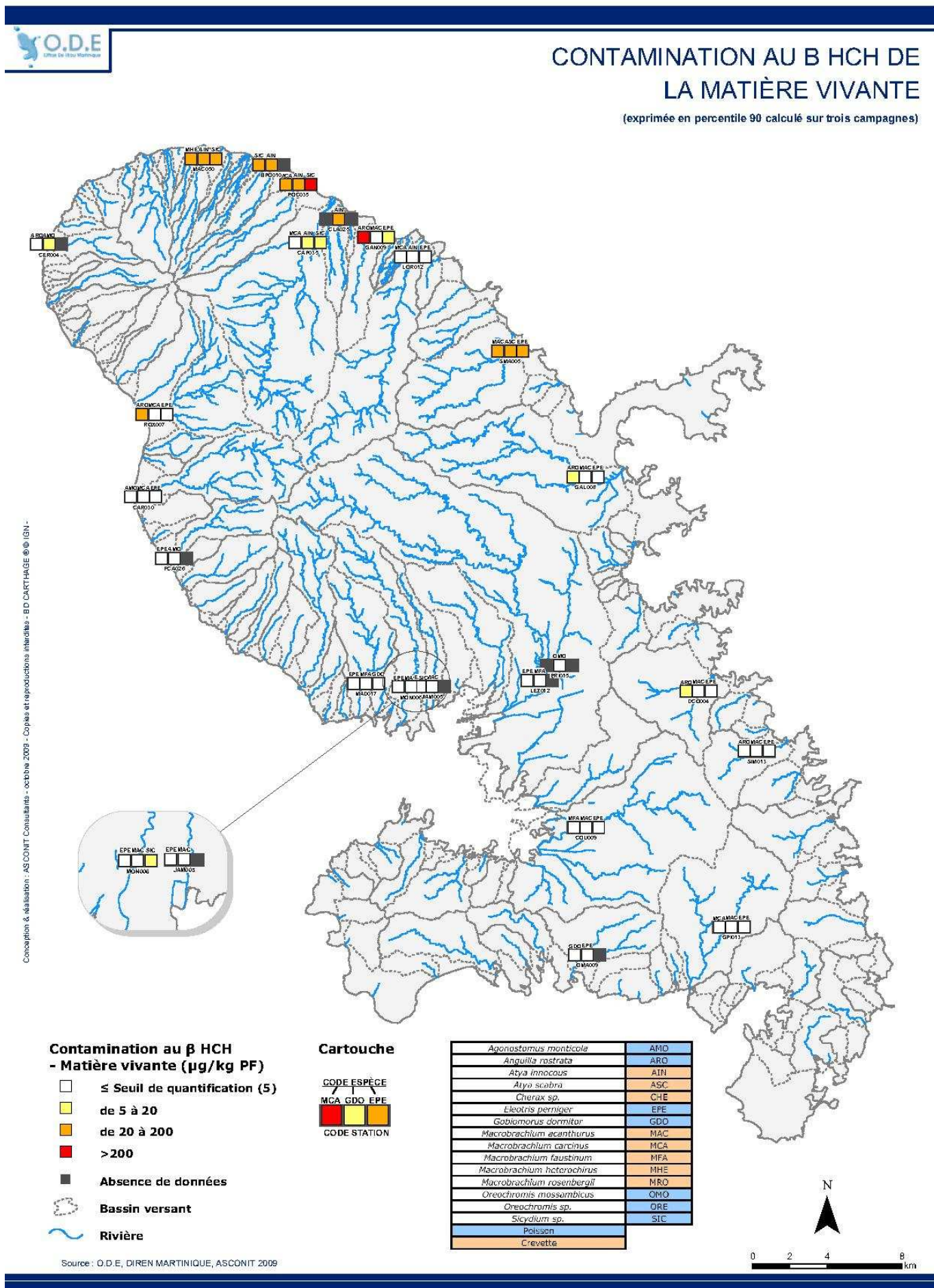


Figure 19. Carte de la contamination au  $\beta$ HCH de la matière vivante.



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - octobre 2009 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE © IGN

## 5.3. Autres molécules : DDT, Aldicarbe, Dieldrine, Glyphosate, Imazalil

Les molécules DDT et dérivés (2-4, 4-4 et méthoxy DDT, dieldrine, glyphosate et son dérivé AMPA (pour l'eau et les sédiments) et l'imazalil sont retrouvées en proportions et en concentrations bien moindres que les molécules précédemment évoquées. L'aldicarbe et ses dérivés aldicarbe sulfoné et sulfoxyde ne sont retrouvés dans aucune matrice.

Aucune des molécules de cette section n'est retrouvée dans les sédiments.

### *Eau* (Tableau 25 et Figure 20)

Parmi les 11 molécules recherchées dans l'eau en plus du chlordécone, du HCH et de leurs dérivés, 7 d'entre elles ne donnent aucun résultat supérieur aux seuils de quantification : aldicarbe (X3) et DDT (X4).

Les résultats sont présentés pour la dieldrine, le glyphosate et son métabolite l'AMPA et l'imazalil. La contamination de l'eau par la dieldrine et le glyphosate est négligeable avec seulement un résultat moyen supérieur au seuil de quantification pour chaque molécule. Pour l'AMPA le nombre de résultats moyens supérieurs à zéro est plus important que pour les précédentes molécules, mais le dépassement du seuil de quantification se produit uniquement pour deux stations (JAM005 sur la Jambette et OMA009 sur la Oman). Pour l'imazalil, six résultats moyens sont supérieurs au seuil de quantification à 0,02 µg/l.

### *Matière vivante* (Figure 21)

L'aldicarbe et ses dérivés ne donnent aucun résultat pour la matière vivante. Le DDT 24' est présent au seuil de quantification pour un seul lot, ce qui amène à le négliger pour la contamination de la matière vivante. **La molécule la plus fréquemment retrouvée chez les espèces est la dieldrine**, avec 8 espèces présentant des résultats moyens supérieurs au seuil de quantification de 1 µg/kg PF. Les deux autres molécules, DDT 44' et imazalil contribuent peu à la contamination des espèces.

Les espèces les plus touchées par la dieldrine sont la crevette *A.innocous*, le poisson *Sicydium sp.* et la crevette *M.heterochirus*, mais la forte valeur de la moyenne est uniquement due au poids des lots fortement contaminés issus de la station Camping Macouba. **La concentration la plus importante est de 458 µg/kg PF pour le lot du poisson *Sicydium sp.* pêché en 3<sup>ème</sup> campagne sur la station Camping Macouba.**

Globalement, la contamination de l'eau par la dieldrine, le glyphosate, l'AMPA et l'imazalil est négligeable. Aucune trace de ces molécules n'est retrouvée dans les sédiments. La matière vivante est principalement contaminée par la dieldrine, avec les plus fortes valeurs retrouvées à la station Camping Macouba.

**Tableau 25. Résultats moyens de la dieldrine, glyphosate, AMPA et imazalil pour la matrice eau**

		Moyenne (µg/l)			
		Dieldrine	Glyphosate	AMPA	Imazalil
Nord caraïbe	CER004	0	0	0	0
	ROX007	0	0	0	0
	CAR046	0	0,070	0,047	0
	CAR030	0	0	0	0
	FCA026	0	0	0	0
Agglomération	MAD115	0	0	0	0
	MAD017	0	0,167	0,067	0
	MON006	0,003	0	0	0
	JAM005	0	0	0,750	0
Centre	LEZ252	0	0	0	0
	PLE054	0	0,007	0	0,070
	LEZ045	0	0	0	0,120
	PRI015	0	0	0	0,010
	LEZ012	0	0	0	0,087
	LEZ010	0	0	0	0
Sud	COU009	0	0	0	0
	OMA009	0	0	0,123	0
	GPI013	0	0	0,047	0
Sud Atlantique	SIM013	0	0	0	0
	DCO004	0	0	0	0
Nord Atlantique	GAL008	0	0,033	0,083	0,043
	SMA014	0	0,050	0,070	0
	SMA005	0	0	0	0
	LOR115	0	0	0	0
	LOR012	0	0	0	0
	GAN009	0	0	0	0
	CLA025	0	0	0	0
	CAP035	0	0,033	0,060	0,007
	POC035	0	0	0	3,410
	BPO010	0	0	0,090	0,317
	MAC050	0,090	0	0	0
<b>Nombre de stations contaminées (≥SQ cf.tableau 7)</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

**Tableau 26. Résultats moyens du DDT, de la dieldrine, et de l'imazalil pour la matière vivante**

		Moyenne (µg/kg PF)			
		DDT 24'	DDT 44'	Dieldrine	Imazalil
crustacés	<i>Atya innocous</i>	0	0,5	61,0	30,3
	<i>Atya scabra</i>	0	0	13,7	30,3
	<i>Macrobrachium acanthurus</i>	0	0	0	0
	<i>Macrobrachium carcinus</i>	0	0	0	0
	<i>Macrobrachium crenulatum</i>	0	0	1,7	0
	<i>Macrobrachium faustinum</i>	0	0,3	0	0
	<i>Macrobrachium heterochirus</i>	0	0	36,3	0
	poissons	<i>Agonostomus monticola</i>	0	0,2	1,2
<i>Anguilla rostrata</i>		0	1,1	11,5	0
<i>Eleotris perniger</i>		0	0,2	1,7	0
<i>Gobiomorus dormitor</i>		0	0	0	0
<i>Oreochromis mossambicus</i>		0	0	0	0
<i>Sicydium sp.</i>		0	0,1	47,4	3,0
<b>Nombre d'espèces contaminées (≥SQ cf.tableau 7)</b>		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>2</b>





Figure 20. Carte de la contamination à l'Imazalil des matrices eau.

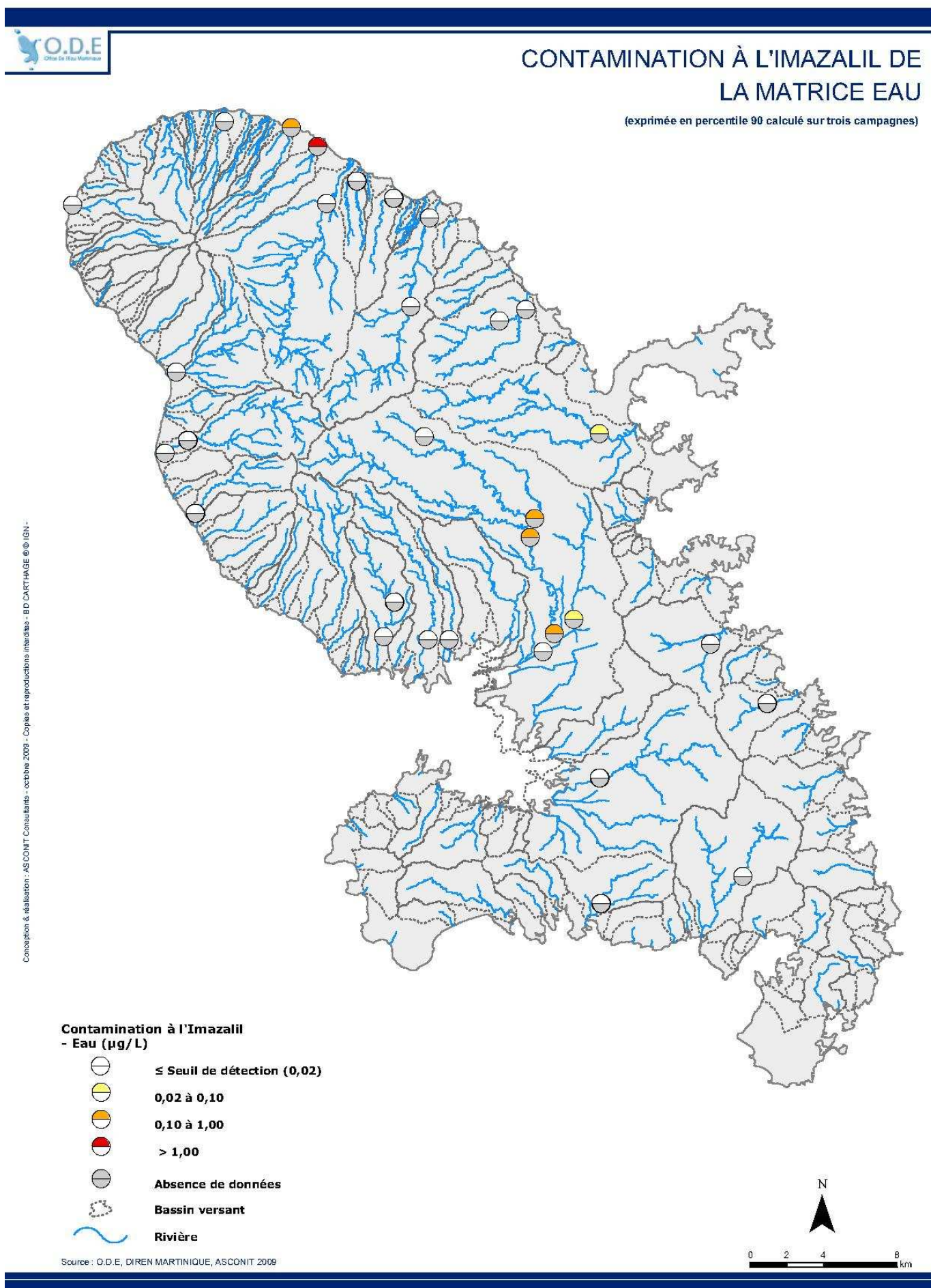
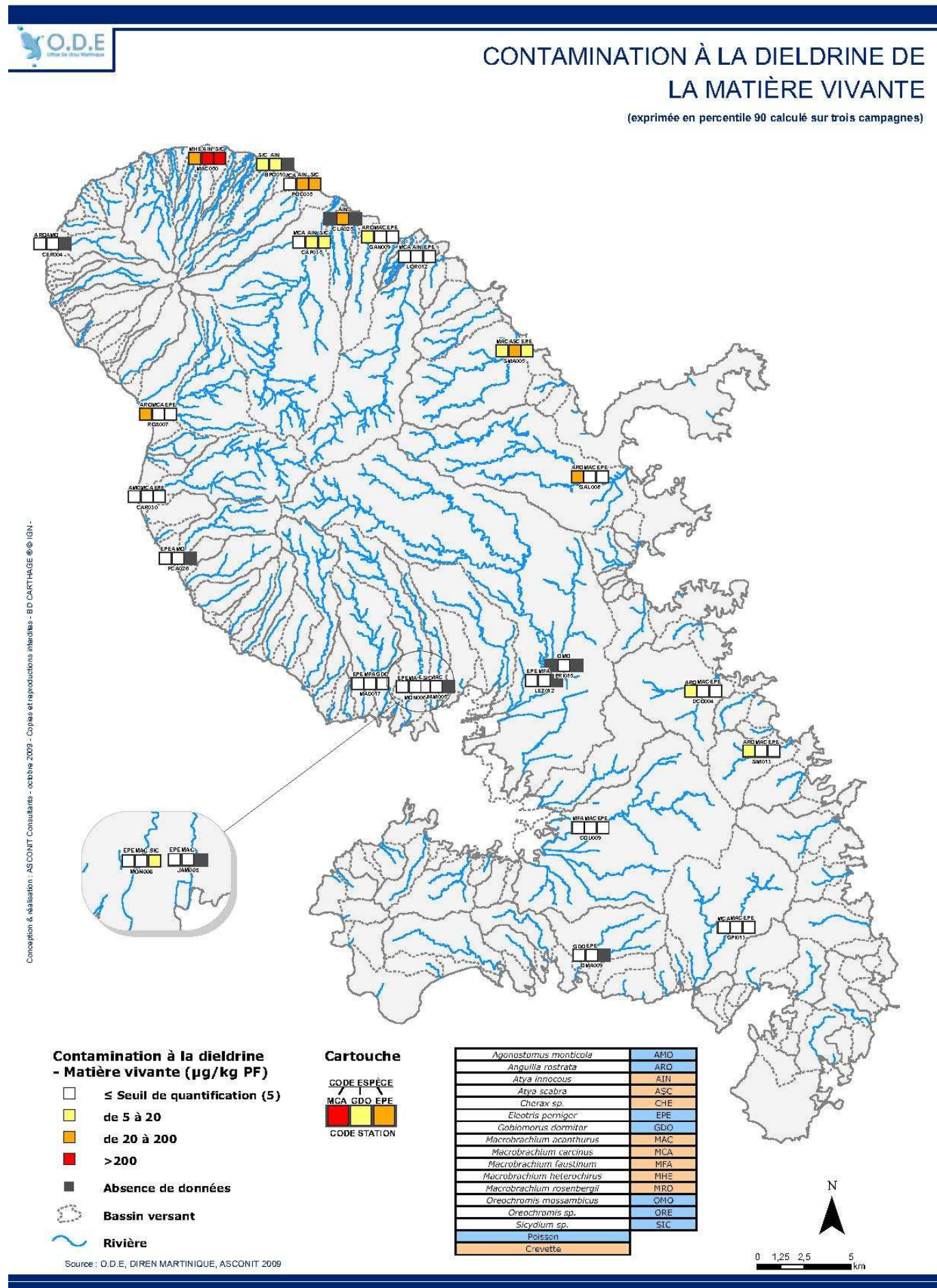


Figure 21. Carte de la contamination à la dieldrine de la matière vivante.



Conception & réalisation : ASCONIT Consultants - octobre 2009 - Copies et reproductions interdites - BD CARTHAGE © IGN

# 6. Evaluation du niveau de risque sanitaire

Les risques sanitaires concernant la pollution des cours d'eau au chlordécone et autres pesticides sont :

- la consommation d'espèces sauvages. La pêche au niveau des rivières est ciblée sur le Z'habitant (*M. carcinus*) mais concerne également les autres espèces. Au niveau des embouchures de cours d'eau se pratique la pêche aux titiris, les alevins du poisson *Sicydium sp* ;
- l'utilisation de l'eau de rivière pour les bassins d'élevage d'écrevisses et de poissons ;

## 6.1. La faune aquatique

---

Les éléments permettant d'amoindrir les risques sanitaires vis-à-vis de la consommation des crustacés et poissons de rivières sont ;

- de comprendre les mécanismes de la contamination des espèces ;
- d'identifier les espèces et les individus à risques ;
- de connaître le niveau de risque des différentes zones;

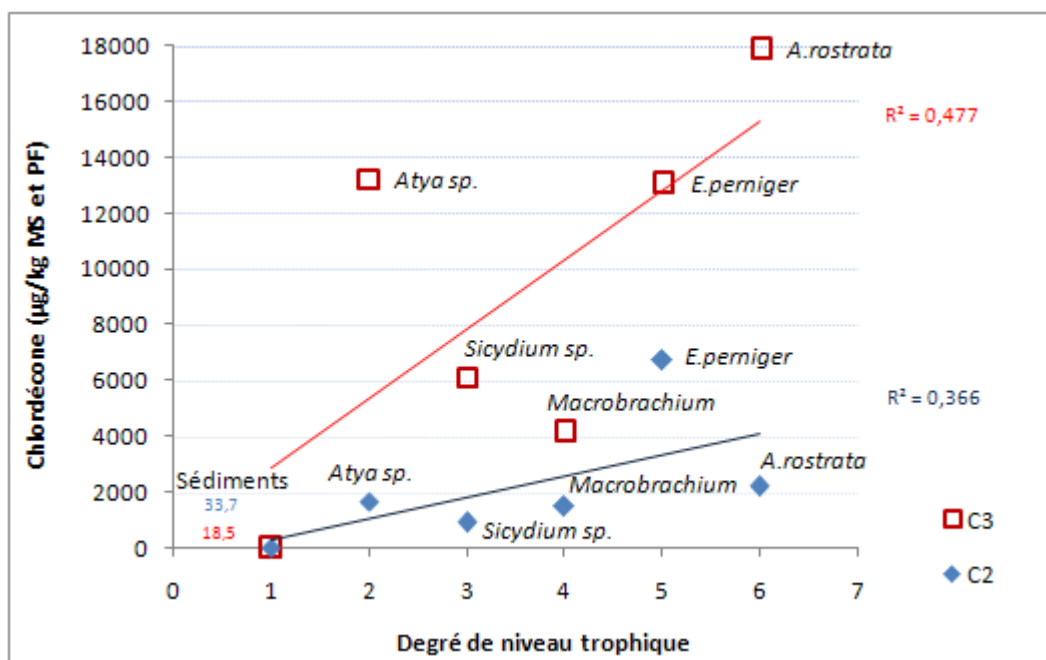
Les mécanismes de contamination sont basés sur le lien entre les espèces et leur environnement (habitat) ainsi que les liens entre les espèces (réseau trophique).

### Chlordécone

#### *Mécanismes de bioamplification*

Afin de mettre en avant l'existence ou non de la bioamplification de la contamination entre les espèces formant la chaîne trophique des rivières (cf. § 2.3), il a été choisi de prendre comme modèle la contamination au chlordécone la zone Nord Atlantique puisqu'il s'agit de la zone la plus impactée. De plus, seules les stations aval seront considérées pour permettre un lien entre sédiments et matière vivante.

Les résultats des sédiments et de la matière vivante étant plus élevés à la campagne 2 qu'à la campagne 3, il a été choisi de les traiter séparément.

**Figure 22. Relations entre les niveaux trophiques et leur taux de contamination pour les portions aval des cours d'eau du Nord Atlantique, aux campagnes 2 (C2) et 3 (C3).**

Le graphique (Figure 22) révèle une faible relation ( $R^2$  faibles) entre le niveau trophique des espèces et leur niveau de contamination au chlordécone, signifiant alors que le phénomène de bioamplification n'est pas évident. Contrairement aux résultats de S.Coat en Guadeloupe basés sur une seule rivière, il est possible dans notre cas que la relation soit influencée par des niveaux de contamination différents entre les cours d'eau. Ainsi, le test statistique (Cf. Annexe 8) réalisé sur les données (cf.§ 5.1.3) a démontré une corrélation entre le niveau de contamination de l'eau et celui retrouvé dans les organismes.

On peut cependant souligner qu'entre les espèces de poissons pour la campagne 3, existe un rapport de contamination de 3 entre le poisson herbivore *Sicydium sp.* et l'Anguille carnivore. Chez les crevettes, le genre *Atya* présente pour les deux campagnes des niveaux de contamination supérieurs au genre *Macrobrachium*. Cette dispersion illustre à nouveau le problème d'homogénéité des lots notamment entre les rivières.

### Effet de l'hydrologie

La plus forte contamination des individus en régime hydrologique perturbé (C1 et C3) est un constat également réalisé par Coat (2009) sur la rivière Grande Anse en Guadeloupe. Cette différence de contamination des individus proviendrait d'un changement de régime alimentaire, pour les espèces omnivores, vers les juvéniles de crevettes et de poissons plus disponibles en périodes de hautes eaux. Ces juvéniles étant fortement contaminés du fait de leur alimentation planctonique marine, cette contamination est transmise à leurs prédateurs. La bioconcentration par les organismes du chlordécone contenu dans l'eau contribuerait également aux taux de contamination retrouvés dans les espèces (Bahner *et al.*, 1977<sup>19</sup>). Les expériences en laboratoire démontrent un passage par les branchies de la molécule contenue dans l'eau. En

<sup>19</sup> Bahner, L.H., Wilson, A.J.J., Sheppard, J.M., Patrick J.M.J., Goodman, L.R., Walsh, G.E. 1977. Kepone bioconcentration, accumulation, loss and transfer through estuarine food chains. Chesapeake Science. 18 (3): 299-308.

milieu naturel, la molécule se trouve plutôt adsorbée aux matières particulaires contenues dans l'eau, puisque le chlordécone est une molécule hydrophobe ( $\text{Log } K_{ow}=4,5$ ). La forte contamination en chlordécone des organismes aux campagnes 1 et 3 pourrait donc en partie être attribuée, du fait de la bioconcentration, aux fortes concentrations mesurées dans l'eau lors de ces campagnes.

### Effet de l'habitat

Selon Coat (2009), le lien entre la contamination des sédiments et celle des organismes concernerait essentiellement les espèces associées aux écoulements lents. L'auteur met en avant une différence de contamination entre les espèces du genre *Macrobrachium* selon leur préférence en écoulement lent ou rapide, les espèces des faciès lents étant plus contaminées. Une étude sur la James River (Luellen *et al.*, 2006<sup>20</sup>) démontre également le lien entre les concentrations mesurées dans les sédiments et dans les espèces de poissons, en conditions de turbidité importante.

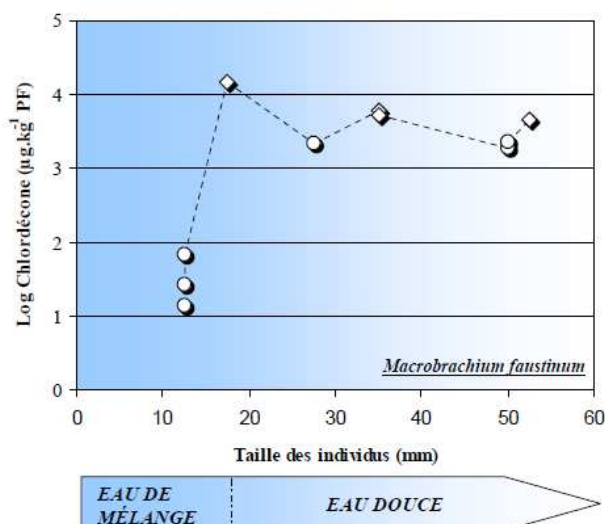
Concernant les résultats de la présente étude, un retour sur le tableau des percentiles 90 par espèces révèle en effet que les espèces *M. faustinum* et *M. acanthurus* ont un percentile 90 deux fois plus élevé que les autres espèces. Cependant, contrairement aux résultats de Coat (2009) les crevettes du genre *Atya* sont contaminées au même taux que les *Macrobrachium* associées aux écoulements lents.

### Mécanismes de bioaccumulation (effet de l'âge)

D'après les analyses statistiques réalisées sur les résultats de la présente étude, la concentration en chlordécone dans les poissons varie en fonction des catégories de taille alors que pour les crustacés ce constat n'est pas évident (Cf. traitements statistiques). Pour la crevette *Macrobrachium faustinum*, Coat (2009) met en avant une forte contamination des stades juvéniles en eau de mélange, puis une stabilisation de la contamination en fonction de la taille (Figure 23). La stabilisation serait liée au fait que les paramètres régime alimentaire et habitat des organismes soient peu fluctuants et assurent un même niveau d'exposition aux différents groupes d'âges capturés dans la même zone.

**Figure 23. Evolution des concentrations en chlordécone en fonction de la taille des individus chez *Macrobrachium faustinum* (losanges= saison sèche, cercles=saison humide) (Source Coat, 2009).**

En prenant une rivière dans son intégralité, comme dans la présente étude, le paramètre habitat est susceptible de changer selon que l'on se trouve en zone amont ou aval du cours d'eau (taux d'exposition différent face à la contamination de l'eau).



<sup>20</sup> Luellen, D.R., Vadas, G.G., Unger, M.A. 2006. Kepone in James River fish: 1976-2002. Science of the Total Environment. 358: 286-297.

Pour les poissons, Coat (2009) a démontré chez *Eleotris perniger* une différence de contamination entre les adultes de petite et de grande taille due à un changement de régime alimentaire en faveur d'une plus grande proportion de proies animales chez les plus vieux individus. En ce qui concerne l'espèce *Sicydium sp.*, son cycle de vie étant similaire à celui des crevettes du genre Palaemonidae, une supposition pourrait être émise sur le fait que les juvéniles (Titiri) seraient également le stade physiologique le plus affecté par la contamination. Ce point reste à éclaircir du fait de l'impact sanitaire qu'il peut avoir sur la pêche traditionnelle.

#### Contamination lors du cycle larvaire

Les différences de niveau de contamination des individus entre les cours d'eau ou entre l'amont et l'aval d'un même cours d'eau sont liées aux principes de la bioconcentration. Les lots les plus contaminés sont en effet retrouvés sur les cours d'eau de la zone Atlantique et préférentiellement à l'aval. Pourtant, une part de contamination des individus serait antérieure à leur installation dans la rivière. En effet, nous avons démontré une contamination du biote dans des rivières exemptes de pollution au niveau de l'eau/sédiments. Les résultats de Coat (2009) font ressortir une faible contamination des post-larves du fait de leur alimentation vitelline et/ou d'une exposition chimique réduite en mer, alors que les juvéniles retrouvés en eau de mélange représentent le stade physiologique le plus affecté. Leur habitat en milieu calme et leur alimentation planctonique en sont la cause. Par contre, aucune étude ne semble traiter de la capacité ou de la possibilité des juvéniles à passer d'une embouchure de rivière à une autre.

Il serait intéressant d'étudier une hypothèse de montaison stoppée par une « chasse » (crue violente) qui rendrait possible la montée dans un autre cours d'eau voisin par le biais d'une dérive littorale. Il se peut également que les matrices présentées comme exemptes de contamination sur certaines stations ne le soient pas vraiment. Etant donné le fort potentiel de bioconcentration, bioaccumulation et de bioamplification de la molécule, des taux très faibles (< au seuil de détection employé dans le cadre de cette étude) soient à l'origine d'une contamination du biote. Dans ce cadre il peut s'avérer intéressant de continuer les investigations sur des bassins versants de petite taille et sans contamination connue afin de voir quel mécanisme est prioritaire pour cibler les pistes de gestions.

#### *Cycle de reproduction*

Les femelles ovigères de crustacés n'ont pas été considérées dans cette étude. Il n'est pas démontré que les femelles ovigères soient moins contaminées que les femelles ne portant pas d'œufs, mais plusieurs études s'accordent à dire que les œufs au contenu lipidique élevé sont une voie de décontamination efficace pour les composés hydrophobes. Dans ce cas, les femelles ayant récemment déposé leurs œufs présenteraient un taux de contamination au chlordécone plus faible que leurs congénères.

Lors de cette étude, ces individus n'ont pas été prélevés, néanmoins il apparaît qu'une telle précaution n'a pas un impact notable sur la contamination globale d'un lot.

#### Chlordécone 5b-hydro

Le chlordécone-5b-hydro retrouvé dans les différentes matrices étudiées présente les mêmes tendances que le chlordécone. Ceci implique dans ce cas de figure que le chlordécone-5b-hydro retrouvé ne serait pas un métabolite obtenu par dégradation du chlordécone se trouvant dans l'environnement : il aurait été injecté dans le milieu en même temps que la molécule principale et tant que sous produit de synthèse industrielle (Coat, 2009).

## $\beta$ -HCH

Les résultats obtenus pour le  $\beta$ -HCH montrent une certaine corrélation entre le niveau de contamination de l'eau et celui de la matière vivante, avec les maximums de contamination des deux matrices correspondant aux mêmes stations d'échantillonnage. La molécule est cependant absente des sédiments.

La biodisponibilité de cette molécule en milieu aqueux du fait de sa capacité à se dissoudre dans l'eau (Cabidoche *et al.*, 2004<sup>21</sup>) explique pourquoi elle est peu présente dans les sédiments. De plus, son caractère moyennement hydrophobe ( $\text{Log } K_{ow}=3,69$  vs 4,5 pour le chlordécone) lui confère une affinité pour les tissus adipeux, d'où le lien direct entre contamination de l'eau et de la matière vivante.

Les éléments à retenir de cette analyse expérimentale et bibliographique sont que :

- La contamination des espèces est a priori plus importante en période de hautes eaux, du fait de la teneur plus élevée de matières en suspension dans l'eau et d'un changement d'alimentation des espèces ;
- Le niveau de contamination de l'eau, et potentiellement des sédiments, influent sur le niveau de contamination des espèces, en lien avec le phénomène de bioconcentration. Les zones les plus à risque sont donc celles les plus contaminées au niveau du sol et de l'eau (et des sédiments mais non démontré pour la Martinique) ;
- La taille des individus adultes affecte peu le niveau de contamination pour les crustacés. Pour les poissons omnivores et carnivores, les individus de grandes tailles plus contaminés ;

## 6.2. Aquacultures

---

Les crustacés et poissons d'élevage peuvent être contaminés soit du fait de :

- la contamination du sol des bassins ;
- la contamination de l'eau d'alimentation des bassins.

Les matrices étudiées au niveau des aquacultures ont été :

- L'eau : les échantillons ont été prélevés au niveau de la prise d'eau en rivière des bassins.

---

<sup>21</sup> Cabidoche, Y-M., Clemon-Dauphin, C., Cattan, Achard, R., Caron, A., Chabrier, C. 2004. Stockage dans les sols à charges variables et dissipation dans les eaux de zoocides organochlorés autrefois appliqués en bananeraies aux Antilles : Relation avec les système de cultures, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)-CIRAD, Département Flhor. 52 p

- Les sédiments : ils ont été collectés dans le système d'arrivée d'eau aux bassins, il s'agit donc de sédiments apportés par la rivière uniquement et non d'un mélange entre le sol des bassins et les sédiments de rivières.

Il n'est donc pas possible lors de cette étude de connaître l'effet de la contamination directe des sols.

Dans la section précédente, les modes de contamination des espèces via l'eau, les particules qu'elle contient et les sédiments ont été décrits : il s'agit de l'alimentation et de la bioconcentration via la respiration branchiale. En aquaculture, la part de contamination due à l'alimentation ne proviendrait pas de l'ingestion directe d'aliments contaminés mais serait plutôt une conséquence du comportement alimentaire. En effet, les espèces, se nourrissant des aliments déposés au fond des bassins, ingurgiterait également une part de sédiments chargée en matière organique fixatrice de pesticides.

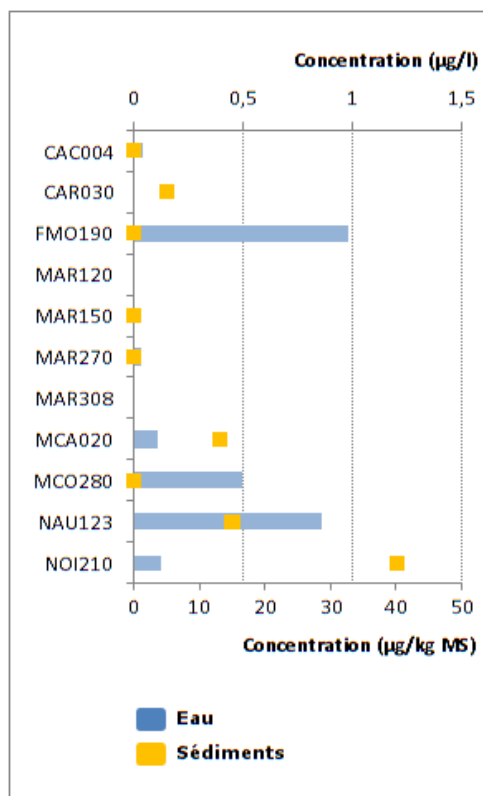
La présence d'eau et de sédiments contaminés à l'entrée des bassins laisse présager d'une contamination plus ou moins forte de ceux-ci. Si l'eau et les particules qu'elle contient se répartissent uniformément dans le bassin, les individus sont susceptibles d'être contaminés :

- d'une part en contact avec les particules,
- d'autre part celle-ci finissent par se déposer et contaminer les sédiments.

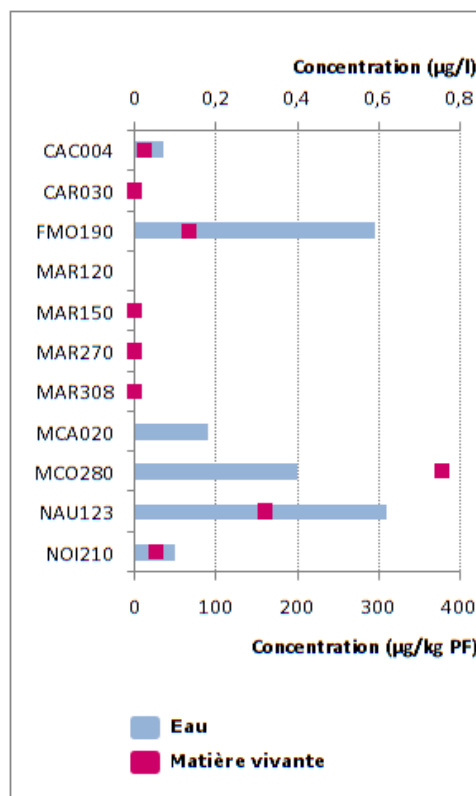
La présence d'un bassin de décantation à l'amont de l'arrivée d'eau dans les bassins semblerait être un moyen d'éviter une contamination par les particules en suspension par vidange régulière de celui-ci.

**Figure 24. Lien entre concentration en chlordécone dans l'eau et les sédiments au niveau des aquacultures suivies**

A) Entre eau et sédiments (moyenne C2 et C3)



B) Entre eau matière vivante (résultats C1)





Parmi les onze aquacultures étudiées, six présentent un certain niveau de contamination de l'eau, des sédiments ou des deux matrices (Figure 24). La matière vivante de quatre d'entre elles est contaminée au-delà de la norme. Le plus haut niveau de contamination de la matière vivante retrouvé n'est pas lié à la plus forte contamination de l'eau et les sédiments sont quand à eux exempt de contamination. Il est possible dans ce cas que le sol des bassins soit en cause, ou que les sédiments prélevés aient été trop récemment déposés pour avoir accumulé des contaminants.

A l'inverse, une aquaculture dont les sédiments sont fortement contaminés révèle une contamination élevée mais non excessive de sa matière vivante. Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse qu'une contamination à l'entrée du bassin n'affecte pas forcément à la même ampleur tout le bassin.

Pour les cinq aquacultures dont l'eau et les sédiments sont exempts de contamination, quatre n'ont pas de problème de contamination de la matière vivante et une présente un niveau de contamination en deçà de la norme. Ces résultats, bien que peu nombreux, semblent démontrer un lien entre la contamination de l'eau –et des particules dont elle est chargée– d'approvisionnement des bassins et la contamination des espèces élevées.

# 7. Perspectives

La présente étude a permis de mettre en avant certains aspects qu'il serait intéressant d'approfondir pour permettre une meilleure compréhension des modes et des voies de contamination et également assurer des mesures sanitaires appropriées.

Les différents points sont détaillés ci-dessous :

- La **connaissance de la contamination des juvéniles du *Sicydium sp.***, autrement appelés titiris. Ces alevins font l'objet d'une pêche traditionnelle aux embouchures de certaines rivières. Etant donné la contamination démontrée des juvéniles de crustacés du genre *Macrobrachium* (Coat, 2009), il est suspecté que les juvéniles de Colle-roche soient également fortement impactés par le chlordécone. L'étude de leur régime alimentaire ou du moins le dosage des contaminants dans leurs chairs ferait la lumière sur le risque sanitaire que représente cette pêche. De plus, il serait intéressant de rechercher le niveau de contamination du milieu (eau, sédiment, biofilm) pour les zones d'embouchures concernées par ce type de pêche.
- La recherche de la **capacité de migration littorale des juvéniles**. Cette question se pose dans le cadre de cas particuliers retrouvés : des espèces contaminées sont présentes sur des bassins versants où aucune contamination de l'eau et des sédiments n'est détectée. Deux hypothèses sont alors plausibles, l'une que les juvéniles ayant « absorbé » des polluants à l'embouchure d'une rivière contaminée se déplace vers une autre embouchure, pour des raisons à définir ; l'autre que les rivières supposées non contaminées le soit en réalité à un niveau inférieur au seuil de détection utilisé par le laboratoire.

La définition de futures zones « réservoirs biologiques » pour les espèces justifierait l'importance d'élucider ce résultat inattendu.

- Le **recours à une espèce « sentinelle »** serait un outil de décision apprécié par les pouvoirs publics pour comparer la contamination au sein de tous les cours d'eau. A ce titre, seule une espèce ubiquiste comme le *Sicydium sp.* est susceptible de remplir cet usage d'indicateur. Sans être l'espèce la plus contaminée du fait de sa position trophique (mais certains lots approchent les 10 000 µg/kg), elle est présente sur l'ensemble des sites de Martinique.
- Dans un souci d'obtention de lots homogènes pour les traitements statistiques, nous suggérons de limiter le nombre d'**espèces complémentaires** et de faire des groupements d'espèces à la biologie proche. Ainsi, les lots complémentaires conseillés sont :
  - Le dormeur *Eleotris perniger*, en zone aval,
  - Les Boucs (*Atya innocous* et *Atya scabra* sans distinction) sur toutes les zones,
  - Les Queues rouges et Grands Bras (*Macrobrachium crenulatum* et *M. heterochirus*) sur les toutes les zones (amont préférentiellement).
- Dans un souci d'obtention de **connaissance sanitaire**, deux **lots complémentaires** peuvent également être prélevés sur certaines stations :
  - Les anguilles (*Anguilla rostrata*)

- Les Z'habitants (*Macrobrachium carcinus*)
- Afin de diminuer l'impact potentiel (non mis en lumière dans cette étude mais démontré par ailleurs en Guadeloupe) de la taille des individus dans la contamination, il s'avère nécessaire de **conserver des lots particulièrement homogènes** au sein d'une station mais également entre les stations. Pour ce faire, il sera sans doute nécessaire d'augmenter en partie l'effort de pêche.
- A l'inverse, la **bioaccumulation sur une même espèce** peut être une piste de recherche. A ce titre, il faut se cantonner à des investigations sur une seule rivière et comparer des lots de classes de taille différents pour des individus soumis aux mêmes pressions. Ainsi, il serait possible de connaître le potentiel de contamination/décontamination des individus de même classe de taille sur une zone aval très contaminée et sur une zone amont peu ou pas polluée. Dans un premier temps cela permettrait d'évaluer l'intérêt de prélever des lots homogènes (impliquant une modulation de l'effort de pêche). Dans un second temps il serait envisageable de donner des zones et des tailles préférentielles de pêche en amont pour diminuer le risque sanitaire lors de la consommation.
- Les **choix des périodes de prélèvements** doit absolument être lié à l'hydrologie et non à la saison supposée : il est apparu que la saisonnalité ne semblait pas prépondérante au regard des fortes précipitations ponctuelles. Il s'avère donc nécessaire de faire coller les investigations au suivi des précipitations surtout en période de « carême » (nécessité de ne pas avoir de crue pendant 1 mois minimum). Toutefois, deux investigations annuelles restent nécessaires pour évaluer correctement l'impact sur la faune (en basse et hautes eaux).
- Le **dosage des MES dans l'eau** semble une piste intéressante aux vues des résultats de ces investigations ou de celles menées par le CEMAGREF. En effet, le peu d'analyses réalisées lors de cette étude montre une forte présence du chlordécone dans les MES et globalement dans les eaux chargées. Le CEMAGREF a démontré que la contamination était principalement due à la part de matière organique des MES. Cela permettrait peut être de dégager une meilleure corrélation entre le taux de contamination de l'eau et de la matière vivante.
- Les **molécules à analyser** sont déjà nombreuses, mais les différents prélèvements effectués sur les réseaux de mesure de la qualité de l'eau (DCE, réseau pesticide...) font notamment ressortir d'autres polluants : le bromacil, le diuron, l'éthyl hexyl phtalate ou le bitertanol. Seul ce dernier est encore en usage autorisé dans les usages phyto-sanitaires mais la rémanence des autres produits peut nécessiter une attention particulière. Il faudrait évaluer les caractéristiques physico-chimiques de ces molécules (demi-vie, log Koc...) afin de connaître leur éventuelle accumulation dans les différents compartiments du milieu (eau, sédiment, matière vivante).
- La **redéfinition de la limite amont de contamination**, pour les zones amont qui se sont avérées contaminées. Ce point nécessiterait :
  - une investigation plus en amont que les sites retenus
  - une définition plus précise de la contamination des sols et également de connaître l'historique des sols dans les limites de bassins versants sur les zones amont.
- S'intéresser à des **bassins versants théoriquement exempts de contamination** (zones théoriquement indemnes et petits bassins versants) afin d'apprécier le potentiel de colonisation des individus, les possibles contaminations des eaux de mélange par dérive ou les possibles contaminations par des usages non répertoriés de ces molécules. Seront visés les cours d'eau entre autres les cours de la côte caraïbes tels que Case Navire ou Belle Fontaine (du nord au sud, même temporaire).

- Les investigations en zone intermédiaires n'ont pas permis de mettre en avant une gradation dans la contamination du fait de leur dissémination. Ainsi, **les stations intermédiaires peuvent être abandonnées** sur une grande partie du territoire. Par contre, une expérimentation spécifique sur un bassin avec un point de mesure par niveau de risque de l'amont vers l'aval pourrait être envisagée. Etant donné que les espèces martiniquaises sont mobiles, un tel effort de recherche risque d'être infructueux.
- A la limite entre les zones dulçaquicoles et les zones marines, les mangroves ainsi que les **zones saumâtres d'embouchures** des fonds de baie mériteraient également d'être étudiées notamment pour leur rôle de « pouponnière ». Les mangroves sont des zones vulnérables de par leur position à l'aval des cours d'eau et les espèces propices à ces habitats, les crabes de terre et les cirriques, sont très prisés pour la consommation. De plus, certaines zones saumâtres à l'embouchure de mangrove font l'objet d'une pêche à la crevette de mer et aux alevins de poissons.
- Obtenir des **seuils de quantification et limites de détection** des analyses de laboratoires bien plus faibles que ceux utilisés lors de cette étude afin d'améliorer la sensibilité de la contamination en zones supposées exemptes de contamination (cours d'eau ou zone amont).

Ces différentes pistes sont répertoriées dans le Tableau 27 agrémenté d'une évaluation de l'intérêt « sanitaire » ou « connaissance » des investigations à mettre en œuvre.

**Tableau 27. Pistes de recherche et d'amélioration des investigations complémentaires à mener dans le cadre du plan chlordécone**

<b>Piste de recherche</b>	<b>Intérêt « Sanitaire »</b>	<b>Intérêt « Connaissance »</b>
Contamination des titiris	<b>Fort</b>	<i>Moyen</i>
Evaluation des migrations littorales		<b>Fort</b>
Choix d'une espèce sentinelle	<b>Fort</b>	<i>Moyen</i>
Choix d'espèces complémentaires	<b>Fort</b>	<b>Fort</b>
Homogénéisation des lots	<b>Fort</b>	<b>Fort</b>
Evaluation de la bioaccumulation	<i>Moyen</i>	<b>Fort</b>
Périodes de prélèvements	<b>Fort</b>	<b>Fort</b>
Dosage des MES		<b>Fort</b>
Molécules complémentaires	<i>Moyen</i>	
Investigation amont	<b>Fort</b>	
Bassin versant non explorés	<b>Fort</b>	<i>Moyen</i>
Etude des embouchures		<i>Moyen</i>
Abaissement des seuils de détection		<b>Fort</b>

# 8. Conclusions et recommandations

Dans l'état actuel des connaissances sur le chlordécone et compte tenu de l'ampleur de la contamination annoncée pour les sols, les eaux, les légumes cultivés et les poissons marins, une investigation poussée du compartiment hydrobiologique des rivières martiniquaises était un objectif important du plan chlordécone.

Les cours d'eau de l'île ont donc été étudiés, afin de mettre en lumière le niveau de contamination des crustacés et poissons des rivières ainsi que le niveau de contamination de leur biotope, c'est-à-dire de l'eau superficielle, des particules en suspension dans l'eau et des sédiments des rivières.

Afin d'avoir une vision plus large de la contamination et ainsi aller dans le sens du principe de précaution, d'autres molécules ont également été recherchées dans les zones suspectées comme étant les plus contaminées.

## Principaux résultats

### *L'eau et la matière en suspension*

L'eau de surface est contaminée au chlordécone pour plus de 60% des prélèvements et **jusqu'à 55 % de ceux-ci dépassent le taux de 0,1 µg/l fixé par la norme pour les eaux destinées à la consommation humaine**. L'eau la plus contaminée a été prélevée sur les stations de la zone Nord Atlantique et Centre, plus particulièrement au niveau de celles se trouvant à l'aval des cours d'eau. Parallèlement, il s'avère que l'eau des zones amont est contaminée pour **66 % des points, par ailleurs considérés comme indemne** à la lecture de la carte de contamination potentielle des sols par le chlordécone. La carte de contamination potentielle établie par le BRGM est donc à modifier par de nouvelles investigations de terrain.

La contamination de la matière en suspension dans l'eau a été recherchée sur six échantillons particulièrement chargés en fines (prélevés sur des rivières en crue). Leur concentration en chlordécone s'est avérée très importante (près de 6 000 µg/kg soit 10 à 100 fois la valeur trouvée dans les sédiments), du fait du caractère généralement lipophile des polluants, ce qui attribue aux particules en suspension (constitués en partie de matière organique) une part importante dans la contamination des milieux dulçaquicoles.

Les autres molécules affectant l'eau sont le chlordécone-5b-hydro et le β-HCH. La contamination au chlordécone-5b-hydro de l'eau est moindre que celle au chlordécone avec 3 à 4 % des stations dépassant la norme. La répartition de la contamination est similaire à celle du chlordécone. La molécule β-HCH est retrouvée dans 42% des stations prélevées en eau, avec les plus fortes valeurs retrouvées au niveau de la zone Nord Atlantique et particulièrement aux stations Pocquet pont RN1, Basse Pointe pont RN1 (Basse Pointe) et Camping Macouba (Macouba).

### *Les sédiments*

Les sédiments fins, qui sont constitués par le dépôt progressif lors des crues, affichent une contamination moins forte et moins étendue que l'eau et les matières en suspension. Le fait le plus marquant concernant la contamination des sédiments s'avère être la variabilité saisonnière. Bien qu'il y ait moins de 50% des stations contaminées, de fortes concentrations sont retrouvées sur quelques points à la campagne 2 (février). Ces stations sont Habitation Prospérité (St-Joseph), Pont de Bassignac (Trinité) et Concorde (Sainte-Marie).

Les sédiments sont très peu affectés par d'autres molécules que le chlordécone : le chlordécone-5b-hydro et le  $\beta$ -HCH sont retrouvés au niveau d'un très petit nombre d'échantillons.

### *La matière vivante*

Les poissons et crustacés de rivière sont majoritairement contaminés par le chlordécone avec, sur trois campagnes et un total de 332 prélèvements (lots de plusieurs individus d'une espèce), **19 lots non contaminés. Le niveau de contamination des prélèvements dépasse dans 80% des cas la norme autorisée pour la consommation des espèces** (20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de poids frais).

Les espèces les plus touchées sont l'Anguille (*Anguilla rostrata*), le Dormé (*Eleotris perniger*) et la Chevrette (*Macrobrachium acanthurus*). Le z'habitant (*Macrobrachium carcinus*) ne fait pas partie des espèces les plus contaminées mais le niveau de chlordécone dans les individus dépasse la norme fixée.

Les rivières du Nord Atlantique sont celles où les espèces sont les plus contaminées. Dans l'ensemble, les zones aval des cours d'eau abritent des espèces fortement contaminées. Néanmoins, les zones amont abritent des individus également contaminés (même si c'est dans une moindre mesure). **Aucun bassin versant ni aucune station en rivière n'est indemne de contamination.**

Les autres molécules affectant les espèces sont le chlordécone-5b-hydro, le  $\beta$ -HCH et la dieldrine. La contamination au chlordécone-5b-hydro suit le même schéma que celle au chlordécone mais dans des proportions moindres. Le  $\beta$ -HCH est principalement retrouvé dans des échantillons provenant des rivières de la zone Nord Atlantique, et les plus fortes concentrations concernent des lots de Queue rouge (*M.crenulatum*), de Colle-roche (*Sicydium sp.*) et d'Anguille (*Anguilla rostrata*). La dieldrine est détectée essentiellement au niveau de la station Camping Macouba où elle contamine fortement les espèces.

Toutes les données à l'échelle de la station sont synthétisées dans le Tableau 28 et le Tableau 29.

**Tableau 28. Informations clés sur la contamination du compartiment hydrobiologique et des matrices associées par le chlordécone (et autres pesticides)**

	Molécules contribuant de façon significative à la contamination	% de stations contaminées	Valeur maximale retrouvée	Points chauds de contamination	Zones exemptes de contamination	Espèces les plus contaminées
<b>EAU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chlordécone</li> <li>Chlordécone-5b-hydro</li> <li>β-HCH</li> </ul>	66-72% selon la campagne  (50-55 % au-delà de la norme)	6,1 µg/l	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concorde (Sainte-Marie)</li> <li>Lasalle (Sainte-Marie)</li> <li>Grande Anse pont RN1 (Lorrain)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carbet</li> <li>Anse Céron</li> <li>Madame</li> <li>Oman</li> </ul>	
<b>MES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chlordécone</li> </ul>	100%	5692 µg/kg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grand Galion (Trinité)</li> <li>Ressource (Lamentin)</li> </ul>	Aucune dans les zones étudiées	
<b>SEDIMENTS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chlordécone</li> <li>β-HCH</li> </ul>	27-51% selon la campagne	746 µg/kg MS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Habitation Prospérité (St-Joseph)</li> <li>Pont de Bassignac (Trinité)</li> <li>Concorde (Sainte-Marie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nord Caraïbe</li> <li>Sud Caraïbe</li> <li>Sud Atlantique</li> </ul>	
<b>MATIERE VIVANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chlordécone</li> <li>Chlordécone-5b-hydro</li> <li>β-HCH</li> <li>Dieldrine</li> </ul>	91-97 % selon la campagne  (80 % au-delà de la norme)	31 288 µg/kg PF	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lasalle (Sainte-Marie)</li> <li>Grande Anse pont RN1 (Lorrain)</li> <li>Grand Galion (Trinité)</li> </ul>	Aucune dans les zones étudiées	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Anguilla rostrata</i></li> <li><i>Eleotris perniger</i></li> <li><i>Macrobrachium acanthurus</i></li> </ul>

**Tableau 29. Tableau synoptique de la contamination par station et par matrice (valeurs exprimées en percentile 90 sur 3 campagnes, lot le plus déclassant pour la matière vivante)**

Zone	Bassin versant	Position	Station	Contamination potentielle	EAU			Cohérence contamination/mesure	EAU			
					Chlordécone				Chlordécone 5b-hydro			
Nord Caraïbe	Céron	amont	CER038	TF	0,00	-	20	Non	0,00	-	0	
		aval	CER004	F	0,00	0,00	56	Non	0,00	0,00	0	
	Des Pères	aval	DPE007	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-	
		amont	RMA440	TF	0,00	0,00	43	Non	0,00	0,00	0	
	Roxelane	intermédiaire	ROX110	E	0,06	-	-	Oui	0,01	-	-	
		aval	ROX007	TF	0,61	13,50	2 633	Oui	0,07	0,00	150	
	Carbet	amont	CAR314	TF	0,00	-	55	Non	0,00	-	0	
		intermédiaire	CAR049	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-	
		aval	CAR046	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-	
	Fond Capot	aval	CAR030	TF	0,00	0,00	15	Oui	0,00	0,00	0	
		amont	MAR308	TF	0,00	0,00	0	Oui	0,00	0,00	0	
		amont	MAR270	TF	0,05	-	0	Oui	0,01	-	0	
	Fond Bourlet	aval	FCA026	TF	0,01	0,00	2 332	Non	0,00	0,00	43	
aval		FBO024	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-		
Agglomération	Madame	amont	MAD115	TF	0,00	-	-	Oui	-	-		
		intermédiaire	MAD134	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-	
		intermédiaire	RIB134	TF	0,01	-	-	Oui	0,00	-	-	
		aval	MAD017	TF	0,00	10,80	50	Non	0,00	0,00	0	
	Monsieur	amont	MON200	TF	0,74	0,00	2 011	Oui	0,03	0,00	96	
		aval	MON006	TF	0,56	21,60	2 782	Oui	0,04	0,00	46	
	Jambette	amont	JAM170	TF	0,06	-	74	Non	0,00	-	0	
		aval	JAM005	TF	0,62	28,00	1 335	Oui	0,02	0,00	27	
	Gondeau	amont	GON073	TF	0,05	-	-	Oui	0,00	-	-	
		aval	GON005	TF	0,04	-	-	Oui	0,00	-	-	
	Longvillier	amont	PRO100	F	2,60	673,20	-	Oui	0,04	21,60	-	
aval		LON003	TF	0,82	11,70	-	Oui	0,01	0,00	-		
Centre	Lézarde	amont	LEZ252	TF	0,00	0,00	94	Non	0,00	0,00	0	
		intermédiaire	BLA090	TF	0,07	9,00	1 611	Oui	0,00	0,00	22	
		amont	PLE117	F	2,18	-	-	Non	0,05	-	-	
	Lézarde	intermédiaire	PLE054	M	2,11	-	-	Oui	0,04	-	-	
		intermédiaire	LEZ045	M	0,43	0,00	-	Oui	0,01	0,00	-	
		amont	PRI017	M	0,99	-	-	Oui	0,03	-	-	
		aval	PRI015	M	1,76	-	985	Oui	0,06	-	49	
	Lézarde	aval	LEZ012	M	0,93	11,70	3 680	Oui	0,03	0,00	48	
		aval	LEZ010	TF	1,20	-	-	Oui	0,04	-	-	
		aval	LMA003	TF	0,41	-	-	Oui	0,01	-	-	
	Salée	amont	NAU123	M	1,00	37,50	160	Oui	0,03	0,00	0	
		intermédiaire	ROU022	F	0,76	-	-	Oui	0,01	-	-	
		aval	COU009	F	0,94	10,90	4 334	Oui	0,03	0,00	121	
aval		ABA006	TF	0,29	0,00	814	Non	0,01	0,00	10		
Sud Caraïbe	Oman	aval	TRE006	TF	0,29	15,30	-	Oui	0,01	0,00	-	
		intermédiaire	MAR150	TF	0,00	0,00	0	Oui	0,00	0,00	0	
		intermédiaire	MAR120	TF	0,00	-	-	Oui	0,00	-	-	
	Pilote	aval	OMA009	TF	0,00	0,00	18	Oui	0,00	0,00	0	
		intermédiaire	PPI012	TF	0,02	0,00	95	Non	0,00	0,00	0	
Trou Manuel	intermédiaire	GPI013	TF	0,49	0,00	1 185	Oui	0,01	0,00	17		
Sud Atlantique	Massel	aval	TMA003	TF	0,04	-	-	Oui	0,00	-	-	
		amont	MAS026	F	0,01	0,00	-	Oui	0,00	0,00	-	
	aval	MAS004	TF	0,00	0,00	-	Oui	0,00	0,00	-		
	Vauclin	aval	VAU010	TF	0,00	0,00	-	Oui	0,00	0,00	-	
	Grand Case	aval	GCA010	TF	0,00	0,00	-	Oui	0,00	0,00	-	
	Simon	aval	SIM013	F	0,31	0,00	3 011	Oui	0,02	0,00	93	
	Deux Courants	aval	DCO004	F	0,44	-	1 910	Oui	0,02	-	35	
	Desroses	aval	DES004	M	0,94	23,00	8 762	Oui	0,03	0,00	130	
	Cacao	aval	CAC004	M	0,06	9,00	12	Oui	0,00	0,00	0	
	Mansarde Catalogne	aval	MCA020	M	0,17	23,40	-	Oui	0,01	0,00	-	
Nord Atlantique	Galion	amont	GAL220	TF	0,56	0,00	46	Non	0,01	0,00	0	
		intermédiaire	GAL050	F	1,26	270,30	-	Oui	0,02	0,00	-	
		intermédiaire	TRA028	M	0,70	-	-	Oui	0,03	-	-	
	Galion	aval	GAL008	F	1,26	11,70	14 678	Oui	0,02	0,00	112	
		amont	FMO190	F	1,11	-	-	Non	0,02	-	-	
	Sainte Marie	amont	BAM112	TF	0,03	-	284	Non	0,00	-	0	
		intermédiaire	BAM030	F	5,75	208,80	-	Oui	0,09	0,00	-	
		intermédiaire	BEA148	TF	0,01	-	-	Oui	0,00	-	-	
		intermédiaire	SMA014	E	0,85	-	-	Oui	0,02	-	-	
	Saint Jacques	aval	SMA005	M	4,15	40,00	28 644	Oui	0,07	0,00	693	
		aval	SJA170	TF	0,03	-	-	Oui	0,00	-	-	
	Lorrain	aval	SJA030	F	0,55	10,80	-	Oui	0,02	0,00	-	
		intermédiaire	LOR115	TF	0,01	-	35	Non	0,00	-	0	
	Nord Atlantique	Crochemort	aval	LOR012	M	0,53	0,00	2 358	Oui	0,01	0,00	29
			aval	CRO010	M	1,11	-	-	Oui	0,01	-	-
		Grande Anse	amont	GAN205	TF	0,00	0,00	47	Non	0,00	0,00	0
			intermédiaire	GAN070	E	0,23	-	-	Oui	0,01	-	-
		Claire	aval	GAN009	M	2,90	46,20	25 736	Oui	0,07	0,00	332
			amont	CLA275	M	0,17	0,00	1 398	Oui	0,00	0,00	9
Capot		aval	CLA025	M	2,80	132,80	17	Oui	0,09	0,00	0	
		amont	CAP360	E	0,05	0,00	782	Oui	0,00	0,00	13	
Capot		intermédiaire	FAL340	TF	0,00	-	361	Non	0,00	-	10	
	intermédiaire	MCO280	E	0,53	-	378	Oui	0,01	-	0		
	intermédiaire	NOI210	E	0,13	-	27	Oui	0,01	-	0		
Pocquet	aval	CAP035	E	0,58	9,90	2 109	Oui	0,03	0,00	62		
	amont	POC600	TF	0,08	0,00	598	Non	0,01	0,00	18		
Basse Pointe	intermédiaire	POC070	E	0,61	-	-	Oui	0,08	-	-		
	aval	POC035	E	1,34	23,50	8 993	Oui	0,18	0,00	205		
Roche	intermédiaire	BPO149	E	1,01	-	2 356	Oui	0,09	-	95		
	aval	BPO010	E	2,15	30,70	12 347	Oui	0,20	0,00	581		
Macouba	amont	ROC116	E	0,44	153,90	-	Oui	0,05	12,60	-		
	aval	ROC080	E	0,82	-	-	Oui	0,08	-	-		
Macouba	aval	MAC050	E	1,47	0,00	3 842	Oui	0,22	0,00	130		

**Contamination potentielle (situation du point de prélèvement sur zonage BRGM/DIREN) :** Très faible (TF), Faible (F), Moyen (M) et Elevé (E)**Code couleur** Chlordécone Matrice Eau et Matière vivante : 


 Inférieur à la norme (0,1 µg/l pour l'eau et 20 µg/kg pour la matière vivante)Supérieur à la norme  
**Cohérence contamination/mesure :** négatif pour les stations aux résultats Eau/MV supérieurs aux normes sans contamination attendue (dans ou en aval d'une zone de contamination potentielle moyenne ou élevée)



### Le lien entre les compartiments

Le lien entre le niveau de contamination retrouvé dans les sédiments et celui retrouvé dans l'eau va dépendre des conditions hydrologiques : une plus forte hydrologie va entraîner une remise en suspension des sédiments et de ce fait une augmentation des particules organiques en suspension dans l'eau. Dans ce cas, l'eau se chargera en molécules contaminantes.

Les espèces vont accumuler les molécules dans leur organisme par deux voies : la bioaccumulation (via le réseau trophique) et la bioconcentration (transfert direct du milieu naturel à l'organisme par respiration ou transfert tégumentaire).

La bioaccumulation a été difficile à mettre en évidence lors de cette étude du fait de l'hétérogénéité des lots (espèces, provenance, tailles), mais certaines données laissent apparaître un lien entre les différentes espèces de poissons inventoriées. Le poisson herbivore *Sicydium sp.* s'avère moins contaminé que l'omnivore *Eleotris perniger*, lui-même moins contaminé que l'Anguille carnivore. Pourtant le *Sicydium* peut présenter une contamination très élevée si le biofilm consommé est chargé en MES contaminées.

La bioconcentration est par contre beaucoup plus évidente puisqu'il apparaît clairement que les lots de poissons et crustacés les plus contaminés sont issus des cours d'eau avec la plus forte contamination en eau et en sédiments.

Les points importants à connaître vis-à-vis de la contamination des espèces sont présentés dans le Tableau 30. Ils sont expliqués par divers paramètres agissant sur les capacités d'accumulation des espèces.

**Tableau 30. Facteurs influençant le niveau de contamination des espèces (Cf. Chapitre 2 et Coat, 2009)**

Facteur	Contamination	Explication
Hautes eaux	Plus forte	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Changement d'alimentation des espèces (consommation de juvéniles fortement contaminés)</li> <li>▪ Plus de particules organiques en suspension dans l'eau</li> </ul>
Niveau de contamination de l'eau et des sédiments	Positivement liée	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Respiration branchiale</li> <li>▪ Transfert tégumentaire</li> </ul>
Stade de croissance	Stade juvénile	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alimentation planctonique fortement contaminée</li> <li>▪ Contamination importante du lieu de vie : les zones d'embouchures</li> </ul>
Taille	Positivement liée pour les poissons Faiblement liée pour les crustacés	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alimentation évoluant en fonction de la taille pour les poissons</li> <li>▪ Alimentation constante</li> </ul>
Mue	Plus faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminant stocké dans les téguments au contenu lipidique élevé</li> </ul>
Ponte	Plus faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminant stocké dans les œufs au contenu lipidique élevé</li> </ul>

## **Recommandations**

D'un point de vue sanitaire, les recommandations qui découlent de la présente étude sont les suivantes, pour chacune des matrices étudiées :

- 
- EAU :**
- l'eau des rivières, sans traitement, est globalement impropre à la consommation humaine.
  - certaines zones amont sont exemptes de contamination ou contaminées en deçà de la norme. Leur repérage est nécessaire, par examen détaillé des résultats, avant toute utilisation de l'eau.
  - pour les aquacultures, l'intégration d'un bassin de décantation entre la prise d'eau en rivière et les bassins semblerait pouvoir éviter en partie une contamination par l'eau et les particules dont elle est chargée.

- 
- SEDIMENTS :**
- pour les aquacultures, il faut éviter que les sédiments se trouvant dans le système d'arrivée d'eau n'entre en contact avec les bassins.

- 
- MATIERE VIVANTE :**
- les espèces de rivière sont globalement impropres à la consommation, il faut éviter leur consommation.

Malgré cette recommandation, il peut être utile de préciser que :

- certaines espèces en zone amont des rivières sont peu contaminées, il convient d'identifier ces zones et ces espèces par l'observation détaillée des résultats.
  - les espèces vivant en zone de faible courant sont plus vulnérables à la contamination.
  - les périodes de hautes eaux ou succédant une période de forte pluie ou de crue sont favorables à une contamination accrue des individus.
  - les zones aval des cours d'eau sont fortement contaminées, souvent par plus d'une molécule.
-



**ASCONIT Consultants**

Agence Caraïbes

Fond Brûlé  
97224 DUCOS



Tél. : 05.96.63.55.78 / Fax : 05.96.63.55.78

Mobiles : 06.96.25.54.10

E-mail : [nicolas.bargier@asconit.com](mailto:nicolas.bargier@asconit.com)